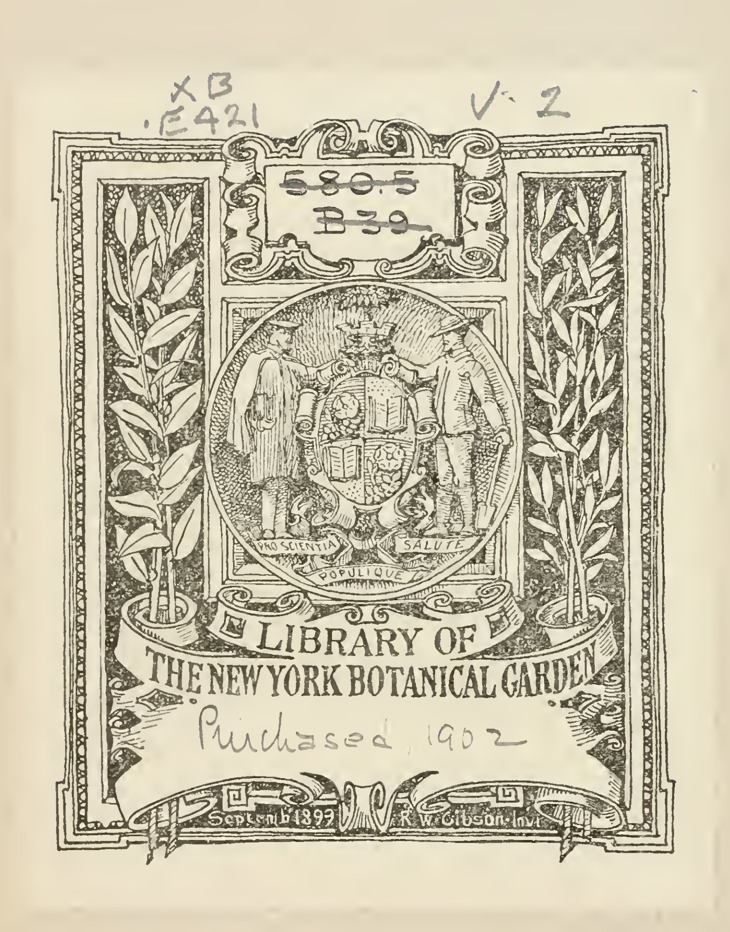



XB
.E421
V. 2
580.5
B39
PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
Purchased 1902
Septemb 1899
R. W. Gibson Invt

Beiträge

zur

Wissenschaftlichen Botanik.

HERAUSGEGEBEN

von

Prof. Dr. M. Fünfstück.

BAND II.

Mit 5 Tafeln, einer Doppeltafel und 58 Abbildungen im Text.

STUTTGART.
A. Zimmer's Verlag (Ernst Mohrmann).
1898.

Druck von A. Bonz' Erben in Stuttgart.

Inhalt des II. Bandes.

Beiträge

zur

Wissenschaftlichen Botanik.

HERAUSGEGEBEN

von

Prof. Dr. M. Fünfstück.

BAND II.

ABTEILUNG 1.

Mit 5 Tafeln.

STUTTGART.
A. Zimmer's Verlag (Ernst Mohrmann).
1897.

INHALT.

Mitteilung an die Autoren. Das Honorar beträgt M. 20.— pro Druckbogen. Die Zahlung der Honorare erfolgt 4 Wochen nach Erscheinen. Für Dissertationen, Abhandlungen, denen mehr als 2 Tafeln beizugeben sind und für Publikationen, von denen mehr als 120 Separatabdrücke an den Autor geliefert werden, wird kein Honorar gewährt. Bei Dissertationen hat der Autor die Hälfte von den Kosten für Herstellung der Illustrationen zu tragen.

Dem Autor werden 20 Sonderabdrücke gratis zur Verfügung gestellt. Weiteren Bedarf, sofern solcher vor der letzten Korrektur bestellt wird, liefert die Verlagshandlung zum Selbstkostenpreis mit 10 Prozent Aufschlag für Besorgungsspesen. Preisofferte steht, sobald Schriftsatz und Lithographie der Tafeln fertig sind, auf Wunsch vor der Bestellung zu Diensten.

Manuskripte und Korrekturensendungen sind an den Herausgeber, Herrn Prof. Dr. M. Fünfstück in Stuttgart, Kernerstr. 29, geschäftliche Mitteilungen etc. an die unterzeichnete Verlagshandlung zu richten.

A. Zimmer's Verlag (Ernst Mohrmann)

Stuttgart, Alleenstrasse 32.

Druck von A. Bonz' Erben in Stuttgart.

Die kontraktilen Wurzeln und ihre Thätigkeit.

Von

A. Rimbach.

Hierzu Tafel I und II.

Dass es Wurzeln giebt, welche das Bestreben haben, sich zu verkürzen, und welche dadurch einen mechanischen Einfluss auf die übrigen Teile der Pflanze ausüben, darauf sind schon seit geraumer Zeit verschiedene Forscher aufmerksam geworden. Joh. Aug. Tittmann[1] erwähnte zuerst das Hinabgezogenwerden der Keimpflanze von *Daucus carota* in die Erde im Jahre 1819 und sprach die Vermutung aus, dass dies durch die Thätigkeit der Wurzel herbeigeführt würde. J. G. Beer[2] nahm eine Verkürzung der Wurzel bei den Keimpflanzen von *Orchis mascula* und *variegata*, sowie bei *Ornithogalum*, *Muscari*, *Narcissus* und *Colchicum* an und suchte dadurch das Eindringen dieser Pflanzen in den Boden zu erklären. Th. Irmisch[3] schrieb die Lagenveränderung der unterirdischen Sprosse von *Pinellia tuberifera* der Verkürzung der Wurzel zu, und auch A. Winkler[4] nahm eine solche Thätigkeit der Wurzel bei manchen von ihm beobachteten Fällen des Eingezogenwerdens von Keimpflanzen in den Boden an. Hildebrand[5] beobachtete das Sichhinabsenken der Zwiebeln von *Oxalis Regnelli*, *lasiandra*, *Vespertilionis*, *incarnata* und *bifida* und schreibt es der Thätigkeit der rübenförmigen Wurzeln zu. Von Warming[6] ist das Hinab-

[1] Botanisch-Karpologische Bemerkungen. Flora 1319, Nr. 42, S. 653.

[2] Beiträge zur Morphologie und Biologie der Familie der Orchideen. 1863. S. 4 u. ff.

[3] Beiträge zur vergl. Morphologie der Pflanzen. Über einige Aroideen. Abhandl. der naturf. Ges. in Halle. 1872, Bd. 13, S. 11.

[4] Verhandl. d. bot. Vereins d. Prov. Brandenburg. 1874, Bd. 16, S. 16 und derselbe, Über die Keimpflanze der *Mercurialis perennis*. L. Flora 1880, Nr. 22.

[5] F. Hildebrand, Die Lebensverhältnisse der *Oxalis*-Arten, Jena 1884, S. 24, 33, 62, 64.

[6] E. Warming, Über Sprossbau, Überwinterung und Verjüngung. (Referat in Englers botan. Jahrbüchern) 1884, und: Über die Keimpflanzen von *Phragmites communis*. Botaniska Sällskapet in Stockholm. 1884.

gezogenwerden der Primsprosse mancher Pflanzen durch Zusammenziehung der Wurzel mehrfach erwähnt worden. Wiesner[1] giebt an, dass bei Brombeerarten mit kriechenden Stämmen die angewurzelten Endknospen samt dem oberen Stammende durch Kontraktion der Wurzeln in den Boden hinabgezogen werden. Kerner[2] von Marilaun bespricht die Erscheinung der Wurzelverkürzung ebenfalls und erwähnt im Besonderen das Eingezogenwerden von *Primula auricula*, *Clusiana* und *hirsuta*, von *Phyteuma comosum*, *Gentiana Clusiana*, *Campanula Zoisii*, *Paederata Ageria* in Felsritzen, sowie das der Stammenden von *Rubus bifrons* in die Erde. Jost[3] führt an, dass bei manchen Pflanzen durch fortdauernde Kontraktion des Stammes und der Wurzel die Blattrosetten stets der Erde angepresst werden. Von keinem dieser Beobachter sind aber die Einzelheiten der in Rede stehenden Erscheinungen weiter verfolgt oder genauere Messungen an der Wurzel vorgenommen worden.

H. de Vries[4] hat diesen Gegenstand eingehender behandelt. Nachdem von Sachs[5] die Beobachtung gemacht worden war, dass Wurzelzonen von *Vicia faba* nach Beendigung des Längenwachstums sich später wieder etwas verkürzen, stellte de Vries das Vorkommen von Verkürzung an jungen Hauptwurzeln der Zuckerrübe und des roten Klees fest, indem er dieselben mit 2 Marken versah und sie nach einigen Wochen, während welcher die Pflanzen in Erde oder Wasser weiter kultiviert worden waren, von neuem mass. Er fand dabei für die Rübe 10 %, für den Klee 10—25 % Verkürzung. Er zeigte auch und zwar zunächst für dikotyle Pflanzen, dass die mit Verkürzungsvermögen begabten Wurzelteile bei Steigerung des Turgors sich verkürzen, bei Nachlassen desselben sich verlängern, dass die Verkürzung auf einer eigentümlichen Art des Wachstums beruhe, und dass das lebende Parenchym das beim Verkürzungsvorgange aktive Gewebe sei. Verkürzung bei Wasseraufnahme und Verlängerung bei Wasserentziehung, sowie beträchtliche Dimensionsänderungen

---

[1] J. Wiesner, Elemente der wissenschaftl. Botanik. 1884, Bd. II., S. 85.

[2] A. Kerner von Marilaun, Pflanzenleben. 1888, Bd. I, S. 724 f.

[3] L. Jost, Die Zerklüftungen einiger Rhizome und Wurzeln, Bot. Zeitung. 1890.

[4] Landwirtschaftl. Jahrb. 1877, Bd. 6, S. 927; 1879, Bd. 8, S. 474; 1880, Bd. 9, S. 37.

[5] Arbeit. d. bot Inst. Würzburg. 1873, Bd. 1, S. 419.

der antagonistischen Teile beim Isolieren wurden dann von mir[1] auch an den Wurzeln von Monokotylen gefunden. Von V. Stroever[2] wurde später das Eintreten von Verkürzung an abgeschnittenen und in Wasser gelegten Wurzeln für eine grössere Anzahl von Pflanzenarten nachgewiesen. Weitere Messungen an der im natürlichen Verbande mit der Pflanze befindlichen und unter natürlichen Verhältnissen vegetierenden Wurzel sind dann von mir[3] vorgenommen worden. Durch dieselben wurde das Vorkommen der Wurzelkontraktion für eine Anzahl monokotyler und dikotyler Species festgestellt, sowie die Dauer, Stärke und Verteilung der Verkürzung, und deren Wirkung im Leben jener Pflanzen genauer ermittelt. Auch wurde von mir der Nachweis geliefert, dass die eigentümliche Zellhautwellung in der Endodermis und Exodermis der Wurzeln durch eben diese Kontraktion verursacht wird.[4]

Somit ist diese physiologisch merkwürdige und biologisch wichtige Erscheinung der Wurzelkontraktion verhältnismässig selten Gegenstand eingehenderer Untersuchung gewesen, und unsere Kenntnisse über diese Seite des Wurzellebens sind deshalb noch ziemlich oberflächlich und wenig umfangreich. In der vorliegenden Abhandlung will ich ein Bild von der Thätigkeit der kontraktilen Wurzeln geben, wie ich es durch meine bisherigen Beobachtungen gewonnen habe. Dabei soll zuerst eine Aufzählung der Pflanzen-Species, an welchen ich Wurzelverkürzung festgestellt habe, vorgenommen, dann auf die Eigentümlichkeiten der kontraktilen Wurzeln näher eingegangen, und endlich die Thätigkeit dieser Wurzeln im Leben der Pflanze geschildert werden.

I. Die Verkürzung der Wurzeln.

Methode der Messung.

Um festzustellen, ob an den Wurzeln einer Pflanze bei Entwickelung unter natürlichen Verhältnissen Verkürzung vorkommt oder nicht, und um die Stärke der Verkürzung messen zu können, wandte ich folgende Methode an. Ich kultivierte die Pflanzen in mit Erde gefüllten Zinkkästen von der Form, wie sie zuerst von Sachs zum

---

[1] Beitrag zur Kenntnis der Schutzscheide. Inaug.-Dissert. 1887.

[2] Über die Verbreitung der Wurzelverkürzung. Inaugural-Dissert. 1892.

[3] Berichte der deutschen bot. Gesellschaft. 1893, Bd. 11, Heft 2, S. 94 u. Heft 8, S. 467; 1895, Bd. 13, Heft 4, S. 141.

[4] l. c.

Zwecke der Beobachtung der Wurzelentwickelung benutzt worden sind. An den beiden geneigten Wänden von 30—40 cm Höhe und Breite, welche aus Zinkblech oder auch aus Glas bestanden, hatte ich insofern eine Änderung vorgenommen, als ich dieselben mit über- und nebeneinander liegenden, quadratischen, etwa 10 cm breiten, fensterartigen Öffnungen versehen hatte. Diese Öffnungen waren durch abnehmbare Glasscheiben verschlossen. Die Samen, Rhizome u. drgl. der Pflanzen, deren Wurzeln beobachtet werden sollten, wurden oberhalb der Fenster oder hinter denselben in die Erde eingesetzt. Ihre Wurzeln wuchsen dann den Glasscheiben entlang. Hatte sich eine Wurzel genügend entwickelt, so wurde die Verschlussscheibe abgenommen, die Oberfläche des zu markierenden Wurzelteiles so viel als erforderlich von Erde gereinigt und getrocknet, dann auf derselben die nötigen Tuschmarken aufgetragen und nach dem Trocknen derselben die Öffnung wieder verschlossen. Mit dem Fortwachsen der Wurzel wurde dieses so oft als wünschenswert wiederholt. Die Tuschmarken wurden immer ziemlich knapp hinter der wachsenden Region der Wurzel angebracht und zwar gewöhnlich in einer Entfernung von 5 mm von einander. Von Zeit zu Zeit wurde dann der Abstand der Marken gemessen, und die Messung in einigen Fällen so lange fortgesetzt, bis sich keine Veränderung mehr wahrnehmen liess. Diese Methode hat den Vorteil, dass die Wurzeln sich dabei in ganz normalen Verhältnissen befinden, und die Beobachtung derselben Monate und Jahre lang fortgesetzt werden kann. Zu biologischen Zwecken, welche ich hier in erster Linie im Auge hatte, ist dieselbe daher sehr geeignet.

Verzeichnis der gemessenen Arten.

Die Pflanzenarten, bei welchen ich mit dieser Methode das Vorkommen von Wurzelverkürzung gefunden habe, sind die nachstehend verzeichneten. Den Namen nachgesetztes [H] bedeutet, dass an der Hauptwurzel, [Ad], dass an Adventivwurzeln, [S], dass an Seitenwurzeln Verkürzung gemessen worden ist.

Monokotylen.

Lilium martagon — (Ad), *Hyacinthus candicans* — (Ad), *H. orientalis* — (Ad), *Scilla bifolia* — (Ad), *Allium ursinum* — (Ad), *A. porrum* — (Ad), *Anthericum ramosum* — (Ad), *A. liliago* — (Ad), *Chlorophytum*

sp. — (Ad), *Hemerocallis fulva* — (Ad), *Asphodelus ramosus* — (Ad), *Asparagus officinalis* — (Ad), *Polygonatum multiflorum* — (Ad), *Convallaria majalis* — (Ad).

Narcissus tazetta — (Ad), *Leucojum vernum* — (Ad), *Clidanthus fragrans* — (H, Ad), *Stenomesson aurantiacum* — (H, Ad), *Phaedranassa chloracea* — (H, Ad, S), *Eucharis grandiflora* — (Ad), *Elisena ringens* — (H, Ad), *Hymenocallis calathina* — (Ad), *Polyanthes tuberosa* — (Ad), *Agave americana* — (Ad), *Fourcroya gigantea* — (Ad).

Iris germanica — (Ad), *I. pseudacorus* — (Ad), *I. hispanica* — (Ad), *Hermodactylus tuberosus* — (Ad), *Crocus Imperati* — (Ad), *Tigridia pavonia* — (H, Ad), *T. spec.* — (Ad), *Gladiolus communis* — (Ad).

Arum maculatum — (Ad), *Richardia africana* — (Ad).

Tradescantia virginica — (Ad).

Canna indica — (Ad).

Dikotylen.

Rumex acetosa — (Ad).

Ranunculus lanuginosus — (Ad), *R. repens* — (Ad), *R. bulbosus* — (Ad), *Aquilegia vulgaris* — (H, S), *Aconitum Napellus* — (Ad).

Chelidonium majus — (H).

Geranium pyrenaicum — (H).

Oxalis elegans — (H, Ad), *O. lasiandra* — (H, Ad).

Petroselinum sativum — (H), *Carum carvi* — (H), *Pimpinella saxifraga* — (H), *Foeniculum officinale* — (H), *Pastinaca sativa* — (H), *Heracleum sphondylium* — (H), *Daucus carota* — (H).

Fragaria vesca — (Ad), *Potentilla verna* — (H).

Atropa belladonna — (H, S).

Echium vulgare — (H), *Symphytum officinale* — (Ad).

Plantago media — (H), *P. major* — (Ad).

Phyteuma spicatum — (H).

Valeriana officinalis — (Ad).

Succisa pratensis — (Ad); *Dipsacus silvester* — (H).

Cichorium intybus — (H), *Taraxacum officinale* — (H, S), *Hieracium pilosella* — (Ad), *Lappa tomentosa* — (H), *Leontodon auctumnale* — (Ad).

Es sind an 70 Species aus 6 monokotylen und 14 dikotylen Familien der verschiedensten Teile des Systems.

Pflanzen, bei welchen ich keine Wurzelkontraktion gefunden habe, sind unter anderen:

Paris quadrifolia, *Colchicum auctumnale*, *Bulbocodium vernum*, *Tulipa gesneriana*. *T. silvestris*, *Gagea lutea*, *Bomarea Caldasiana*, mehrere epiphytische *Tillandsia*-Arten, *Oncidium nubigenum*, und mehrere epiphytische Orchideen, *Zea mais*, *Hordeum distichum*, *Triticum vulgare*. Bei *Orchis maculata*. *Ophrys muscifera* und *Listera ovata* ist es mir zweifelhaft geblieben, ob an den unter natürlichen Verhältnissen wachsenden Wurzeln der älteren Exemplare Verkürzung vorkommt. Sollte es der Fall sein, so dürfte dieselbe nur einen äusserst geringen Grad erreichen.

Stärke und Dauer der Verkürzung.

Bei einer gewissen Anzahl der oben genannten Pflanzen habe ich die Verkürzung der Wurzel von ihrem Beginne bis zum vollständigen Erlöschen verfolgt. Als höchstes Mass der Kontraktion für die Strecke von 5 mm Länge fand ich bei den Amaryllideen *Phaedranassa chloracea*, *Stenomesson aurantiacum*, *Elisena ringens*, *Hymenocallis calathina*, *Clidanthus fragrans*, ferner bei einer *Tigridia*-Art und bei *Oxalis elegans* 70 %, bei *Tigridia pavonia* 60 %, bei *Agave americana* und *Arum maculatum* 50 %, bei einer *Chlorophytum*-Art und bei *Allium ursinum* 30 %, bei *Richardia africana* 25 %, bei *Asparagus officinalis* und *Canna indica* 10 %. Diese höchsten Beträge der Verkürzung kommen aber nur in einem Teile der mit Verkürzungsvermögen begabten Strecke der Wurzel vor. Wenn man daher die ganze kontraktile Strecke der Wurzel in Betracht zieht, so fällt deren Verkürzung geringer aus. Bei *Phaedranassa chloracea* zum Beispiel wird während des Längenwachstums von der Keimwurzel eine kontraktionsfähige Strecke von etwa 6 cm Länge, von der Wurzel der erwachsenen Pflanze eine solche von etwa 30 cm Länge ausgebildet. Die erstere verkürzt sich im Laufe der Entwickelung um etwa 2 cm, die letztere um 10 cm. Für den ganzen kontraktilen Teil der Wurzel beträgt demnach in beiden Fällen die Verkürzung nur etwa 30—40 %.

Der Beginn der Verkürzung erfolgt in einer bestimmten Wurzelstrecke in vielen Fällen sehr bald nach Beendigung des Längenwachstums derselben. Bei manchen der von mir untersuchten Monokotylen ist die Verkürzung schon zwischen 25 und 30 mm hinter der Wurzelspitze deutlich zu erkennen.

Als grösste Kontraktionsgeschwindigkeit fand ich für die Strecke von 5 mm in 24 Stunden an *Phaedranassa chloracea* 10 %, an *Arum maculatum* 5 % Verkürzung bei etwa 15° C Durchschnittstemperatur.

Was die Dauer des Kontraktionsvorganges betrifft, so währt derselbe in einer Wurzel bei den genannten Amaryllideen 2—5 Monate, bei *Oxalis elegans* 4—5 Monate, bei *Arum maculatum* etwa 2 Monate, bei *Tigridia* 1—2 Monate. In Teilstrecken der verkürzungsfähigen Zone ist die Dauer der Verkürzung etwas geringer als in der ganzen Wurzel. In den persistierenden Hauptwurzeln und Seitenwurzeln von *Taraxacum*, *Heracleum*, *Atropa*, *Phyteuma* und ähnlich gebauten Formen dauert die Kontraktion Jahre hindurch. Es ist mir wahrscheinlich, dass bei diesen Pflanzen die Kontraktion den von mir an Monokotylen gemessenen Höchstbetrag von 70 % noch überschreitet. Die Wurzeln jener oben genannten Monokotylen, welche ihre Kontraktion sehr bald beenden, bleiben nach Beendigung derselben noch längere Zeit lebendig und im Dienste ihrer übrigen Funktionen. Denn die Wurzeln von *Phaedranassa chloracea* erreichen ein Alter von 2 Jahren, jene von *Tigridia* werden 6, die von *Arum maculatum* 10 Monate alt. Die Kontraktionsthätigkeit füllt also nur einen kleinen Teil der Lebensdauer dieser Wurzeln aus. Bei zweijährigen Pflanzen, wie *Echium vulgare* und *Dipsacus silvester*, scheint im zweiten Jahre, in welchem die Blüten zur Entwickelung kommen, keine Kontraktion mehr stattzufinden.

Aktive und passive Bestandteile der Wurzel.

Bei den Monokotylen ist von den Geweben, welche den Wurzelkörper zusammensetzen, nur das innere Parenchym der Rinde am Zustandekommen der Verkürzung aktiv beteiligt. Der zentrale Gefässbündelstrang und die Aussenrinde verhalten sich passiv, und ihr Widerstand wird von dem sich verkürzenden Rindenparenchym überwunden. Den Beweis hierfür liefern folgende Erscheinungen:

1. Wenn man den zentralen Gefässbündelstrang aus seinem Zusammenhang mit der Rinde befreit, so verlängert sich der Gefässbündelstrang, die Rinde aber verkürzt sich. Dieses Verhältnis wird durch folgende Beispiele veranschaulicht.

Iris germanica. Stark verkürzter Basalteil einer Wurzel.

Vollständiges Wurzelstück:	50	mm Länge.
Gefässbündelstrang isoliert:	56	„ „
Rinde isoliert:	49	„ „

Lilium martagon. Stark verkürzter Basalteil einer Wurzel.

Vollständiges Wurzelstück:	50 mm Länge.
Gefässbündelstrang isoliert:	55 „ „
Rinde isoliert:	49½ „ „

2. Wenn man an einer in Kontraktion befindlichen Wurzel die Rinde auf eine bestimmte Strecke durch Abschneiden entfernt, so verkürzt sich der Teil, welchem die Rinde genommnn ist, um so weniger, je weniger Rindengewebe demselben geblieben ist.

3. Eine vom Gefässbündelstrang befreite Längshälfte der Rinde krümmt sich so, dass die Innenseite konkav, die Aussenseite, welcher das Periderm anhaftet, konvex wird. Wird der Turgor durch Aufnahme von Wasser erhöht, so verstärkt sich diese Krümmung. Entfernt man das Periderm, so unterbleibt die Krümmung oder wird nicht so stark wie sonst. Löst man das gefaltete Periderm vom lebenden Rindenparenchym ab, so lässt es sich durch Ausstreichen der Falten bedeutend verlängern.

Am basalen Teile einer stark kontraktilen Wurzel von *Phaedranassa chloracea* treten folgende Dimensionsänderungen bei der Verkürzung und beim späteren Isolieren der Bestandteile ein:

Wurzel-Strecke vor der Verkürzung:	125 mm Länge.
do. nach der Verkürzung:	50 „ „
Aktive Rinde isoliert	49½ „ „
Gefässbündelstrang isoliert	70 „ „
Periderm isoliert und ausgestreckt ca.	90 „ „

Wird die isolierte Rinde solcher Wurzeln ins Wasser gelegt, so tritt infolge von Turgorsteigerung eine weitere Verkürzung der Rinde ein. Wird dieselbe in eine Wasser entziehende Salzlösung gebracht, so verlängert sich die isolierte Rinde, erreicht aber auch nicht annähernd die Ausdehnung wieder, welche sie vor der Verkürzung besessen hatte. Gefässbündelstrang und Periderm verändern weder in Wasser noch in Salzlösung ihre Länge in merklicher Weise.

Es zeigt sich somit, dass die Verkürzung sowohl im aktiven Rindenparenchym als auch in den passiven Geweben zum Teile fixiert wird und nicht wieder rückgängig gemacht werden kann.

Bei vielen Dikotylen mit fleischigen Wurzeln ist nach den Untersuchungen von de Vries auch das innerhalb des Holzkörpers befindliche Parenchym an der Verkürzung aktiv beteiligt. Möglicherweise kommt dies auch bei fleischigen Monokotylen-Wurzeln vor.

Verteilung der Verkürzung in der Wurzel und im Wurzelsystem.

Die Kontraktion ist gewöhnlich nicht gleichmässig auf die ganze Länge der Wurzel verteilt. In zahlreichen Fällen ist das Verhältnis so, dass sich der Spitzenteil der Wurzel wenig oder gar nicht, der Basalteil hingegen stark verkürzt. Um einen Überblick über die Verteilung zu erhalten, habe ich vielfach die Keimwurzel der *Phaedranassa chloracea* untersucht und dabei folgendes Verhältnis gefunden.

Auf einer Keimwurzel waren während des Längenwachstums von der Basis bis zur Spitze 19 Strecken von je 5 mm Länge abgetragen worden. Die Wurzel würde also infolge des Längenwachstums mindestens 95 mm lang geworden sein. Wegen der gleichzeitig erfolgenden Verkürzung betrug ihre Länge aber schiesslich nur etwa 73 mm. Die Kontraktion war auf die 5 mm-Strecken von der Basis nach der Spitze zu auf folgende Weise in Prozenten verteilt:

65, 70, 60, 60, 60, 50, 30, 10, 10, 10, 5, 5, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.

Eine andere Keimwurzel derselben Pflanze wäre vermöge ihres Längenwachstums 70 mm lang geworden. Während desselben waren von der Basis an Strecken von je 5 mm Länge abgetragen worden. Die Verkürzung verteilte sich am Ende der Entwickelung, wo die Wurzel eine Länge von 47 mm aufwies, auf die markierten Strecken von der Basis nach der Spitze zu in Prozenten ausgedrückt in folgender Weise:

60, 70, 60, 55, 50, 40, 20, 5, 0, 0, 0, 0, 0.

Im Basalteile einer nach der Verkürzung etwa 40 cm langen Wurzel eines erwachsenen Exemplares war das Verhältnis der Verkürzung der 5 mm-Strecken von der Basis nach der Spitze in Prozenten folgendes:

40, 50, 60, 60, 70, 70, 70, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 50 ....
und nach der Spitze zu allmählich bis fast auf 0 sinkend (vergl. Taf II, Fig. 8a).

Eine kräftige Wurzel von der Unterseite der Knolle von *Arum maculatum* zeigte von der Basis ab folgende Verkürzung der 5 mm-Strecken in Prozenten:

45, 50, 50, 40, 40, 40, 40, 35, 30, 30, 25, 20, 20, 20, 20 .....

Bei *Tigridia pavonia* war das entsprechende Verkürzungs-Verhältnis:

40, 50, 50, 50, 50, 40, 40, 30, 30, 30, 20, 20 .....

Und bei *Agave americana*:

40, 50, 50, 40, 40, 30, 20, 20, 20, 10, 0, 0 .... (Vergl. Taf. II, Fig. 7).

Eine ähnliche Verteilung der Kontraktion findet sich in den Wurzeln von vielen der oben genannten Liliaceen, Amaryllideen, Irideen, Araceen, Oxalideen und scheint überhaupt sehr allgemein zu herrschen. Bei anderen hingegen, wie bei *Asparagus* und *Anthericum* ist die Kontraktion ziemlich gleichmässig auf die ganze Länge der Wurzel verteilt. Wo die Kontraktion sich hauptsächlich auf den Basalteil der Wurzel beschränkt und daselbst stark auftritt, zeigt dieser Teil auch in seinem Baue gewisse Eigentümlichkeiten und kann als besonderes Kontraktionsorgan angesehen werden. Häufig besitzt der Basalteil in diesem Falle einen viel grösseren Durchmesser als der Spitzenteil, und zwar kommt bei den Monokotylen die grössere Dicke des Basalteiles vorzugsweise auf Rechnung des Rindenparenchyms. Bei den Monokotylen wird die Wurzel auch allgemein schon mit verdicktem Basalteile angelegt; bei den Dikotylen gewinnt sie denselben häufig erst nach längerer Zeit infolge von sekundärem Dickenwachstum. Ausserdem zeigen sich noch andere Verschiedenheiten. In dem nicht kontraktilen Spitzenteile der Wurzel von *Agave americana* zum Beispiel ist der Gefässbündelcylinder von einer breiten Schicht dickwandiger, gebräunter Zellen umgeben, welche im stark kontraktilen Besalteile der Wurzel nicht vorhanden ist.

Was die Verteilung der Kontraktion in den Gliedern des Verzweigungssystems der Wurzel betrifft, so fand ich bei den Monokotylen als Regel, dass die Seitenwurzeln das Mass der Kontraktion ihrer Mutterwurzel nicht erreichen. Ihre Kontraktion pflegt nicht stärker zu sein als jene ihrer Mutterwurzel an der Stelle ist, wo die Seitenwurzel aus derselben entspringt. So mass ich am Basalteil der starken Seitenwurzeln 1. Ordnung von *Phaedranassa chloracea* nur 5 %, an den schwächeren nur 2 % Verkürzung; an den Seitenwurzeln 2. Ordnung fand ich gar keine Verkürzung. — Bei manchen Dikotylen scheint indessen ein anderes Verhältnis zu herrschen.

Bei manchen der oben genannten Pflanzen sind alle Wurzeln einer Ordnung kontraktil und zwar in ziemlich derselben Stärke. Bei anderen ist jedoch die Kontraktion vorzugsweise oder ausschliesslich auf einige Wurzeln beschränkt, während andere derselben Ordnung wenig oder nicht mit Kontraktionsfähigkeit begabt sind. Oft entstehen die verschieden gearteten Wurzeln auch an getrennten Orten und zu verschiedener Zeit.

So wachsen bei *Oxalis elegans*, *O. lasiandra* und ähnlichen Arten

dieser Gattung beim Beginne der Vegetationsperiode zahlreiche dünne, fadenförmige Wurzeln aus der Zwiebel hervor. Aber von diesen wird gewöhnlich nur eine zur kontraktilen Wurzel, indem sie im Basalteile anschwillt und einen dicken, parenchymatischen Rindenkörper bildet. (Taf. I, Fig. 6 u. 7). Seltener, besonders bei Kultur, werden es mehrere.

Bei *Arum maculatum* brechen im Herbste zahlreiche Wurzeln aus einer die Endknospe der Knolle ringförmig umgebenden Zone hervor. Sie sind aber von ungleicher Beschaffenheit: Nur die auf der Unterseite der Knolle entstehenden sind stark kontraktil; die der Oberseite verkürzen sich zum Teile wenig, zum Teile gar nicht.

Bei *Allium ursinum* kommen im Herbste dünne, nicht kontraktile, im Frühling die dicken, kontraktilen Wurzeln zum Vorschein.

Auch *Tigridia*, *Gladiolus*, *Crocus* und *Scilla* haben zweierlei, örtlich und zeitlich getrennt entstehende Wurzeln. Zu Beginn der Vegetationsperiode kommen aus dem Umkreise der unteren Zwiebelbezw. Kollenfläche die zahlreichen, dünnen, fadenförmigen, nicht kontraktilen Wurzeln hervor. Erst nach einiger Zeit entstehen etwas höher am Stammteile, und bloss auf einer Seite desselben die wenigen, dicken Wurzeln, welche stark kontraktil sind.

Begleiterscheinungen der Wurzelverkürzung.

Die Veränderungen, welche das sich verkürzende Parenchym der Rinde durchmacht, lassen sich am besten an solchen Wurzeln untersuchen, bei welchen nicht zugleich sekundäres Dickenwachstum stattfindet, also besonders an Monokotylenwurzeln. Die Zellen der Rinde sind vor dem Beginne der Verkürzung in der Längsrichtung der Wurzel bedeutend gestreckt. Ihr Querschnitt zeigt einen nach allen Richtungen ziemlich gleichen Durchmesser. Während der Verkürzung nimmt ihr Querschnitt an Umfang zu. Bei diesem Vorgange scheinen sie die Neigung zu haben, einen möglichst kreisförmigen Querumfang beizubehalten. Letzteres geschieht aber in Wirklichkeit nicht, sondern die Zellen dehnen sich in radialer Richtung mehr aus als in tangentialer. Die grössere Streckung in der Richtung des Wurzelradius scheint nur gezwungen zu erfolgen wegen des Umstandes, dass der zentrale Gefässbündelstrang samt Endodermis, mit welcher letzteren die Rindenzellen in Verbindung stehen, bei dem durch das Rindenparenchym herbeigeführten Zu-

sammengedrücktwerden sich nur sehr wenig in die Breite ausdehnt, und infolge dessen die Rindenzellen am Vorrücken hindert.

Durch den Druck, welchen sie auf einander ausüben, werden die Rindenzellen nach aussen gedrängt. Die passive Aussenrinde setzt aber ihrem Vorrücken eine Grenze. Die äussersten Lagen des aktiven Rindenparenchyms kollabieren und werden von den inneren, welche ihren Platz einnehmen, zusammengedrückt. Die inneren Lagen verfallen aber fortschreitend demselben Lose, und am Ende sind nur noch wenige der innersten Lagen in intaktem, turgeszenten Zustande übrig. Alle anderen sind von den nachdrängenden inneren Zellen zusammengedrückt in einer ringförmigen Zone unter der Aussenrinde angehäuft, und diese zusammengedrückte Masse wird samt der Aussenrinde beim Fortschreiten der Kontraktion in Falten gelegt. Das Auftreten einer solchen Schicht kollabierter Zellen fand ich bei *Lilium*, *Phaedranassa*, *Stenomesson*, *Leucojum*, *Agave*, *Iris*, *Gladiolus*, *Arum* und vielen anderen (vergl. Taf. II, Fig. 4b). In Wurzeln, welche sich nur wenig verkürzen, treten die eben beschriebenen Erscheinungen nicht auf.

Infolge der Kontraktion entstehen zwischen den antagonistischen Geweben Spannungen. So besteht eine Längsspannung zwischen dem Rindenhohlcylinder und dem darin eingeschlossenen Gefässbündelstrang. Letzterer hindert die Rinde an der Verkürzung, die Rinde hindert den Gefässbündelstrang an der Verlängerung. Werden beide Teile von einander getrennt, so ändern sie auch sofort dementsprechend ihre Dimensionen. Beispiele hierfür wurden oben bereits angeführt. Desgleichen scheint eine Querspannung zwischen diesen beiden Teilen zu bestehen; der von der Rinde befreite und verlängerte Gefässbündelstrang vermag die Höhlung der sich verkürzt habenden Rinde nicht wieder ganz auszufüllen.

Das Mass der Verlängerung des Gefässstranges nach Trennung von der Rinde ist in verschieden stark kontrahierten Teilen derselben Wurzel gleichsinnig verschieden nach dem Masse der stattgehabten Kontraktion.

Bei den Monokotylen wird der zentrale Gefässbündelstrang, soweit meine Beobachtungen reichen, bei der Kontraktion nie verbogen, sondern bleibt geradlinig. Hingegen kommt bei den Dikotylen, wie beispielsweise bei *Oxalis*, häufig sehr starke Verbiegung desselben vor (siehe Taf. I, Fig. 7). Bei Dikotylen mit sekundärem Dicken-

wachstum sind die innersten, ältesten Gefässbündel am meisten, die äusseren, jüngeren am wenigsten verbogen.

Die Aussenrinde legt sich bei vielen Wurzeln, sobald die Kontraktion ein gewisses Mass erreicht, in Falten. Besonders häufig geschieht dieses bei Monokotylen, (siehe Taf. I, Fig. 5 u. Taf. II, Fig, 1, 7, 8). Die deutliche Faltenbildung beginnt bei *Phaedranassa chloracea*, *Stenomesson aurantiacum*, *Elisena ringens* und *Tigridia* mit 40%, bei *Agave americana* mit 20% Verkürzung. Bei *Arum maculatum* verliert die Oberfläche der Wurzel schon bei 15% Verkürzung ihre Straffheit. Starke Runzelung der Aussenrinde findet sich ausserdem bei *Lilium*, *Hyacinthus*, *Scilla*, *Allium*, *Leucojum*, *Eucharis*, *Iris*, sowie bei den Dikotylen *Atropa*, *Heracleum*, *Foeniculum*, *Phyteuma* (Taf. I, Fig. 3), *Aquilegia* und zahlreichen anderen Arten.

Eine Folgeerscheinung der Kontraktion ist auch die wellige Verbiegung der radialen Längswände der Zellen in der Endodermis und der Exodermis der Wurzeln (siehe Taf. II, Fig. 5 u. 6). Der Beweis hierfür liegt in folgenden Thatsachen:[1]

1. Die Wellenbildung beginnt mit der Kontraktion und steigert sich mit dem Zunehmen derselben (siehe Taf. II, Fig. 3). In der Endodermis hört die Steigerung der Wellung mit jener der Wurzelkontraktion auf; in der Exodermis nimmt sie ihr Ende, sobald Faltenbildung des Periderms eintritt, durch welchen Umstand die Zellwände dem Einflusse der Kontraktion entzogen werden.

2. In ein und derselben Wurzel, sowie in den Gliedern eines Wurzelsystems ist die Wellung gleichsinnig verteilt mit der Stärke der Kontraktion. In Wurzeln, welche sich nicht verkürzen, findet sich auch keine Wellung.

3. An den Querwänden der Endodermis und Exodermis findet sich die Wellung nur in dem Falle, dass dieselben nicht genau rechtwinkelig zur Längsaxe der Wurzel angeordnet sind (siehe Taf. II, Fig. 5); und zwar ist die Wellung der Querwände um so mehr derjenigen der Längswände an Stärke gleich, je mehr sich die Richtung der ersteren der Richtung der letzteren nähert.

4. In der noch im Längenwachstum begriffenen Strecke der Wurzel kann durch Verkürzung der Membranen auf künstlichem Wege

---

[1]) Vergl. meine zitierten Abhandlungen in den Berichten der deutsch. bot. Ges. 1893.

in der Endodermis eine Wellenbildung hervorgerufen werden, welche der auf natürlichem Wege entstehenden ähnlich ist. Die Verkürzung der Zellwände wird herbeigeführt durch Aufheben der Turgorspannung vermittels Verletzung oder Plasmolyse der Zellen.

5. Die Wellenbildung kann in Endodermis und Exodermis dadurch ganz unterdrückt, oder, wenn sie schon begonnen hat, am Fortschreiten gehindert werden, dass man die Kontraktion der Wurzel durch mechanische Mittel (Anlegen eines Gypsverbandes u. dergl.) verhindert. In Bezug auf die Endodermis kann dieses auch geschehen durch Wegschneiden des Rindenparenchyms (vergl. Taf. II, Fig. 8 b).

Diese Wellung der Zellhaut in Endodermis und Exodermis ist in älteren Wurzelteilen fixiert und nicht wieder rückgängig zu machen.[1]

II. Die Thätigkeit der kontraktilen Wurzeln.

Spannung der kontraktilen Wurzeln.

In nicht zu lockerem Boden ist der Spitzenteil einer wachsenden Wurzel wegen seiner innigen Verbindung mit den Teilchen der Erde immer stärker befestigt als die älteren, nach der Basis zu liegenden Teile. Daher erfolgt, wenn in einer solchen Wurzel Verkürzung auftritt, die Bewegung in der Richtung auf die Spitze der Wurzel. Ist aber die Wurzelbasis in Verbindung mit einem schwer bewegbaren Körper (einem Stengelgebilde oder einer anderen Wurzel), so entsteht bei der Verkürzung eine Spannung zwischen den beiden festliegenden Teilen, und die Bewegung erfolgt nach derjenigen Seite hin, welche am wenigsten nachgiebt.

Davon, dass eine durch die Kontraktion verursachte Spannung in den Wurzeln besteht, habe ich mich dadurch überzeugt, dass ich an verschiedenen in den oben beschriebenen Kästen sich entwickelnden Pflanzen die in starker Kontraktion befindlichen Wurzeln von der Seite her mit einer dünnen, scharfen Klinge durchschnitt. Bei dieser Operation wichen die Schnittflächen sofort auseinander und zwar bei *Phaedranassa chloracea* um 5 mm, bei *Elisena ringens* um 3 mm, bei *Agave americana* und *Arum maculatum* um 2 mm, bei *Atropa bella-*

---

[1] Zellhautwellung in Endodermis oder Exodermis ist daher ein wenn auch vielleicht nicht in allen Fällen zuverlässiges, so doch ziemlich sicheres Zeichen stattgehabter Kontraktion.

donna an Haupt- und Seitenwurzeln um 2 mm, bei *Leucojum vernum* und *Symphytum officinale* um 1 mm. Bei manchen von diesen Wurzeln erweiterte sich der Abstand zwischen den beiden Schnittflächen in den nächsten Stunden um ein Bedeutendes. Bei *Phaedranassa chloracea* mass ich an oberhalb und unterhalb der Schnittstelle vorher markierten Strecken von je 1 cm Länge eine beim Durchschneiden erfolgende Verkürzung von je 5%.

Wenn der Boden, in welchen eine Wurzel hineinwächst, so locker und verschiebbar ist, dass er derselben keinen genügenden Halt bietet, so geht die Verkürzung nach der besser befestigten Basis hin. Die natürlichen Bedingungen, unter welchen die hier in Betracht kommenden Pflanzen leben, sind aber meist derart, dass in der Wurzel selbst eine Spannung entsteht, und in vielen Fällen eine Bewegung des Basalteiles der Wurzel samt den damit in Zusammenhang stehenden übrigen Teilen des Pflanzenkörpers nach der Spitze der Wurzel hin zustande kommt. Die an beiden Enden der Wurzel wirkenden Hindernisse haben aber wohl immer zur Folge, dass die Wurzel die von ihr angestrebte Verkürzung nicht vollständig ausführen kann.

Wirkungsweise der kontraktilen Wurzeln auf die Pflanze.

Das Resultat der Thätigkeit der kontraktilen Wurzeln hängt ab von dem Betrage der Kontraktion, von der Richtung und Anordnung der Wurzeln, von der Bewegbarkeit der Teile, von welchen die Wurzeln entspringen, und von der Beschaffenheit des Mediums, in welchem sich die Pflanze befindet.

Wenn man die Wirkungsweise der kontraktilen Wurzeln ins Auge fasst, so können die mit solchen Wurzeln ausgestatteten Pflanzen um die nachstehend angeführten, typischen Fälle gruppiert werden. Diese Typen sind aufgestellt nach den Verhältnissen, wie sie sich an der älteren Pflanze vorfinden. Das oft abweichende Verhalten der Keimpflanzen ist dabei ausser Acht gelassen.

1. Die kontraktilen Adventivwurzeln entspringen aus abwärts oder horizontal wachsenden, langen, häufig auch verzweigten Rhizomen und verursachen keine merkliche Ortsveränderung derselben. Hierher gehören *Polygonatum multiflorum*, *Canna indica*, *Asparagus officinalis.* Wo bei derartigen Pflanzen ein Eindringen in den Boden erfolgt, wird es hauptsächlich durch die nach unten führende Wachstumsrichtung der Sprosse bewirkt.

2. Die kontraktilen Adventivwurzeln wirken einseitig an der mehr oder weniger aufrecht wachsenden Sprossaxe und ziehen dieselbe seitlich nieder. Die Pflanze bildet meist einen längeren, häufig verzweigten Erdstamm und ihre Abwärtsbewegung ist verhältnismässig gering.

Zu dieser Gruppe sind zu zählen: *Iris germanica*, *I. pseudacorus*, *Ranunculus lanuginosus*, *R. repens*, *Fragaria vesca*, *Hieracium Pilosella*.

3. Die kontraktilen Adventivwurzeln ziehen einseitig an aufwärts oder horizontal wachsenden Sprossaxen. Die Pflanze bildet keinen umfangreichen Erdstamm und ihre Abwärtsbewegung ist bedeutend.

Beispiele sind *Tigridia pavonia*, *Iris hispanica*, *Gladiolus communis*; *Oxalis elegans*; *Arum maculatum*, *Hermodactylus tuberosus*.

Einige Beispiele mögen die Vorgänge bei diesen Pflanzen veranschaulichen

Bei *Arum maculatum* schiebt während der Keimung des Samens der sich verlängernde Cotyledon die Keimknospe etwa 15 mm senkrecht abwärts. Das aus derselben sich entwickelnde Knöllchen kommt daher normaler Weise etwa 2 cm unter die Erdoberfläche zu liegen. Erwachsene *Arum*-Knollen liegen aber in etwa 10 cm Tiefe. Dahin werden dieselben durch die Kontraktion der Wurzeln geschafft. Die Wurzeln entstehen in einer etwas schief liegenden, die Hauptknospe der Knolle ringförmig umgebenden Zone. Sie sind von ungleicher Beschaffenheit insofern, als die auf der Unterseite der Knolle entstehenden dick und sehr kontraktionsfähig, die der Oberseite angehörenden hingegen dünn und wenig oder nicht kontraktionsfähig sind. Durch diese Anordnung kommt es, dass die Knolle während der Kontraktion der Wurzeln mit ihrer Spitze abwärts gezogen wird, unter Umständen über 1 cm in einer Vegetations-Periode, und im Boden schief, manchmal sogar senkrecht mit der Spitze nach unten liegt. Legt man eine solche Knolle horizontal, so wird sie, sobald sich die Wurzeln entwickeln, wieder in die Lage mit abwärts gerichteter Spitze versetzt (siehe Taf. II, Fig. 1).

Die Keimknospe von *Gladiolus communis* wird vom Cotyledon etwa 10 mm abwärts und darauf durch kontraktile Wurzeln in noch grössere Tiefe befördert. In der ersten Vegetationsperiode werden bloss kontraktile Wurzeln gebildet und zwar einzeln in der Weise,

dass immer eine neue Wurzel dann erscheint, wenn die Kontraktion der vorhergehenden beinahe zu Ende ist. Durch jede neue Wurzel werden nun mit der Knolle auch die älteren sich nicht mehr verkürzenden Wurzeln abwärts gezogen und erhalten infolge dessen einen bogenförmigen Verlauf. In späteren Vegetationsperioden treten auch Wurzeln auf, welche nicht kontraktil sind, und zwar ist die Bildung der kontraktilen und der nichtkontraktilen Wurzeln örtlich und zeitlich getrennt. Beim Beginne der Vegetation kommen aus dem Umkreise der unteren Knollenfläche zahlreiche dünne, fadenförmige, sich bald reich verzweigende Wurzeln hervor. Diese sind nicht verkürzungsfähig und verändern auch die Lage der Knolle nicht. Während der Vegetation der Blätter und der Ausbildung der neuen, über der alten stehenden Knolle bilden sich nahe dem Grunde dieser neuen Knolle, aber bloss auf einer Seite derselben, eine kleine Anzahl dicker, rübenförmiger Wurzeln aus, welche senkrecht abwärts wachsen und lange unverzweigt bleiben.[1] Diese verkürzen sich stark und üben einen derartigen Zug auf die Pflanze aus, dass die beiden Knollen auf die Seite gelegt und unter Umständen ein Stück abwärts gezogen werden. Die Richtung der Blätter und des Blütenstengels wird infolge dessen zur Längsaxe der Knolle etwa rechtwinkelig. Nach dem Abwelken des Laubes und der vollständigen Ausbildung der neuen Knolle sterben diese Wurzeln ab und mit dem Beginne der folgenden Vegetationsperiode erscheinen rings am Grunde der Knolle wiederum die vorher erwähnten fadenförmigen Wurzeln.

Bei *Oxalis elegans* liegt der Sprossvegetationspunkt der Keimpflanze 2–3 mm über der Erdoberfläche. Durch die Kontraktion der Keimwurzel wird schon in den ersten Monaten der Entwickelung

---

[1] Die fleischigen, kontraktilen Wurzeln, von welchen hier die Rede ist, sind schon Irmisch bei *Gladiolus* und anderen Knollen- und Zwiebelgewächsen aufgefallen, doch wurde ihre Bedeutung von demselben nicht erkannt. Vergl. seine Äusserung hierüber in „Morphologische Beobachtungen an einigen Gewächsen aus den natürlichen Familien der Melanthaceen, Irideen und Aroideen, Berlin 1856, S. 10. — Die entsprechenden Gebilde bei *Crocus* werden von Maw erwähnt (Monograph of the genus *Crocus*, London. 1882—86). Derselbe bildet die fleischigen Wurzeln ab, und zwar die der Keimpflanzen von *Crocus aureus* (Tafel A, Fig. 8, 9, 10) und die der erwachsenen Knolle von *C. minimus* (Tafel C, Fig. 6 u. Tafel XIX, Fig. 3). — Über die Funktion dieser Wurzeln spricht er sich nicht aus; die fleischigen Wurzeln an der älteren Knolle hält er für eine zufällige, von der Keimungszeit her ererbte Erscheinung (S. 3. u. 17).

die Zwiebel, welche sich aus dem Sprosse bildet, unter die Erde gezogen, und durch die Thätigkeit der späteren Adventivwurzeln kommt der Vegetationspunkt der erwachsenen Pflanze in 6 bis 8 cm Tiefe.

4. Die kontraktilen Adventivwurzeln ziehen rings an der senkrecht aufwärts wachsenden Grundaxe und verursachen unter Beibehaltung der Richtung derselben eine Abwärtsbewegung der Pflanze.

In diese Gruppe gehören von Dikotylen *Succisa pratensis* und *Plantago major* (Taf. I, Fig. 2), von Monokotylen *Lilium martagon*, (Taf. I, Fig. 5) *Hyacinthus candicans*, *Allium ursinum*, *Leucojum vernum*, *Clidanthus fragrans*, *Phaedranassa chloracea* (Taf. I, Fig. 4), *Stenomesson aurantiacum*, *Eucharis grandiflora*, *Elisena ringens*, *Hymenocallis calathina*, *Polyanthes tuberosa*; überhaupt gehören viele monokotyle Zwiebelgewächse diesem Typus an.

Durch die Wirkung der Wurzeln rückt die Grundaxe dieser Pflanzen, obgleich ihr Wachstum nach oben gerichtet ist, im Laufe der Entwickelung immer weiter nach unten. Die Fortbewegung muss also mindestens so viel betragen, als der Zuwachs der Grundaxe ausmacht. Bei *Lilium martagon* beträgt der Längenzuwachs an der erwachsenen Pflanze jährlich etwa 5 mm, bei *Phaedranassa chloracea* ebensoviel, bei *Succisa pratensis* 5—8 mm, bei *Allium ursinum* 3 mm, bei *Leucojum vernum* 1—2 mm Wenn diese Pflanzen sich aus Samen entwickeln, so erfolgt die Keimung derselben normaler Weise an der Oberfläche des Bodens oder wenig unterhalb derselben. Die Versenkung der Keimknospe wird bei den hier zu berücksichtigenden Monokotylen im Anfange allerdings durch den Cotyledon bewirkt, welcher dieselbe eine bestimmte Strecke in die Erde hineinschiebt. Die weitere Abwärtsbewegung wird aber durch die Wurzeln besorgt, zuerst durch die Keimwurzel, nach deren baldigem Absterben durch aus dem Stamme entspringende Adventivwurzeln. Solange die Abwärtsbewegung durch die Wurzeln die durch den Zuwachs bedingte Aufwärtsbewegung des Vegetationspunktes übertrifft, findet ein Hinabrücken der Pflanze in die Tiefe statt. Sobald sich beide Bewegungen ausgleichen, bleibt die Pflanze stehen.

Bei *Lilium martagon* wird die Keimknospe durch den Cotyledon 5—8 mm abwärts geschoben, befindet sich also, wenn die Thätigkeit der Wurzeln anfängt, etwa 1 cm unter der Erdoberfläche. Von hier wird der Vegetationspunkt der Grundaxe durch die kontraktilen Wurzeln im Laufe der Jahre bis in die Tiefe von etwa 10 cm be-

fördert. Die Geschwindigkeit der Bewegung beträgt bei jüngeren Exemplaren manchmal 10 mm im Jahre.

Auf dieselbe Weise kommt der Vegetationspunkt von *Allium ursinum* bis in 10 cm, der von *Leucojum vernum* bis in 7 cm Tiefe. Die Stammknospe von *Stenomesson aurantiacum* wird vom Cotyledon 8 mm abwärts geschoben und wandert von da bis in 10 cm Tiefe. Der Vegetationspunkt des Zwiebelstammes von *Phaedranassa chloracea* wird vom Cotyledon etwa 10 mm in die Erde gesenkt und von da durch die Wurzeln bis zu 20 oder 30 cm hinabgezogen (vergl. Taf. II, Fig. 2). Bei *Elisena ringens*, deren Samen über 2 cm Durchmesser und über 10 gr Gewicht haben, beträgt die Versenkung durch den Cotyledon 8 cm; von da aus geht die Wanderung mittels der Wurzeln bis in 30 cm Tiefe vor sich.

Bei diesen Pflanzen werden mit der Grundaxe auch die Basalteile der älteren, sich nicht mehr verkürzenden Wurzeln hinabgezogen. Durch die Verschiebung der Basalteile aus ihrer ursprünglichen Lage erhalten diese Wurzeln einen eigentümlichen, bogenförmigen Verlauf.

5. Die kontraktile ausdauernde Hauptwurzel zieht die senkrecht aufwärts wachsende Sprossaxe in ihrer Längsrichtung abwärts.

Beispiele für diesen Typus sind: *Taraxacum officinale*, *Cichorium intybus*, *Lappa tomentosa*, *Dipsacus silvestris*, *Phyteuma spicatum*, *Plantago media*, *Echium vulgare*, *Atropa belladonna*, *Gentiana cruciata*, *Petroselinum sativum*, *Carum carvi*, *Pimpinella saxifraga*, *Foeniculum officinale*, *Pastinaca sativa*, *Heracleum sphondylium*, *Daucus carota*, *Geranium pyrenaicum*, *Chelidonium majus*, *Aquilegia vulgaris*.

Die Keimung dieser Pflanzen verläuft so, dass der Vegetationspunkt der Keimpflanze über die Oberfläche der Erde zu stehen kommt. Bei *Taraxacum officinale* befindet sich derselbe 2—3 mm, bei *Atropa belladonna*, *Aquilegia vulgaris*, *Foeniculum officinale* etwa 5 mm über dem Erdboden. Während der folgenden Entwickelung verkürzt sich die Wurzel und ebenso das Hypokotyl, und hierdurch wird die Plumula abwärts geführt, so dass sie bei manchen dieser Pflanzen schon nach einigen Wochen unter der Erdoberfläche verschwindet. Die Verkürzung des Hypokotyls beträgt bei *Aquilegia* 15 %, bei *Foeniculum* 20 % in einem Monate. Die Grenze zwischen Wurzel und Hypokotyl wird dabei undeutlich, und letzteres ist später überhaupt nicht mehr zu erkennen. Die Kontraktion dauert in der Wurzel der perennierenden Species dieser Gruppe Jahre hindurch und beträgt

so viel, dass der Vegetationspunkt der Staude trotz des jährlichen Längenzuwachses der Sprossachse immer um ein gewisses Mass unter der Erdoberfläche gehalten wird. So kommt es, dass die Grenzlinie zwischen Wurzel und Stengel in dem Masse, als der Stammteil sich durch Zuwachs verlängert, tiefer unter die Bodenoberfläche rückt. Diese Stelle befindet sich beispielsweise bei alten Exemplaren von *Plantago media* und *Aquilegia vulgaris* in etwa 5 cm, bei *Phyteuma spicatum* in 2—3 cm Tiefe (vergl. hiezu Taf. I, Fig. 1 und 3).

Bei allen diesen Pflanzen erleiden die aus der Hauptwurzel, zumal aus deren Basalteile, entspringenden Seitenwurzeln, sowie auch die etwa vorhandenen stammbürtigen Adventiv-Wurzeln eine eigentümliche Verzerrung aus ihrer ursprünglichen Lage, indem ihr Ansatzpunkt mit in die Tiefe gezogen wird, in ganz ähnlicher Weise, wie es mit den älteren stammbürtigen Wurzeln bei der vorigen Gruppe geschieht (siehe Taf. I, Fig. 3).

Die Wurzel als Bewegungsorgan.

Aus der vorhergehenden Darlegung ist ersichtlich, dass die Thätigkeit der kontraktilen Wurzeln darin besteht, dass sie einen Zug auf die Teile der Pflanze ausüben, mit welchen sie in Verbindung stehen. Wenn man daher durch eine besondere Benennung diese Thätigkeit hervorheben will, in der Weise, wie man das Vorhandensein anderer Funktionen durch die Ausdrücke „Nährwurzel", „Haftwurzel", „Speicherwurzel" angiebt, so würde wohl die Bezeichnung „Zugwurzel" passend sein. Die Leistungen der Zugwurzeln sind insofern verschieden, als diese in manchen Fällen bloss ein Andrücken oder Anheften der Pflanze an das Substrat, in anderen Fällen ausserdem eine Fortbewegung derselben herbeiführen. Bloss den ersten Erfolg haben, wie schon oben angegeben, die Wurzeln von *Polygonatum*, *Canna*, *Asparagus*. Auch jene Wurzeln sind hierher zu rechnen, welche in einer ringförmigen Zone aus dem unteren Teile des Luftstengels von *Lilium martagon* ausstrahlen. Ob die kontraktilen Wurzeln, welche von den gestauchten Enden der Rhizome von *Convallaria majalis*, *Majanthemum bifolium* und *Valeriana officinalis* ausgehen, einen weiteren Erfolg haben, als den der stärkeren Anheftung dieser Teile, muss ich dahingestellt sein lassen. Die kontraktilen Wurzeln fungieren aber in zahlreichen Fällen auch als Bewegungsorgane der Pflanze. Der Betrag, um welchen eine Pflanze

von den Wurzeln in einer bestimmten Zeit fortbewegt wird, fällt im einzelnen sehr verschieden aus. Bei Kultur in besonders hergestellter, aber ziemlich fester Erde beobachtete ich an jungen, oberflächlich sitzenden Exemplaren von *Agave americana* 4—5 mm, von *Phaedranassa chloracea*, *Stenomesson aurantiacum* und *Gladiolus communis* 5 mm, von *Clidanthus fragrans* und *Arum maculatum* 7 mm, von *Elisena ringens* 10 mm monatlicher Fortbewegung. Unter den gewöhnlich weniger günstigen Bodenverhältnissen in der freien Natur beträgt die Ortsbewegung absteigender Exemplare von *Lilium martagon*, *Phaedranassa chloracea*, *Arum maculatum* und ähnlicher Pflanzen wohl höchstens 10 mm im Jahre.[1] In den Fällen, wo eine ausgiebige Ortsveränderung der Pflanze vor sich geht, pflegen übrigens die Sprosse eine Form zu besitzen, welche der Fortbewegung wenig Schwierigkeiten bereitet; Sprossformen wie die Zwiebeln der genannten Liliaceen, Amaryllideen und Oxalideen oder wie die Knollen von *Arum*, *Gladiolus* und *Hermodactylus* bleiben dadurch rundlich und verhältnismässig kurz, dass die älteren Teile sowie die Verzweigungen bald abgelöst werden. Bei diesen sehr beweglichen Pflanzen tritt auch die Eigentümlichkeit auf, dass die stark kontraktilen Wurzeln dicht beisammen stehen und alle in derselben Richtung wachsen, sich also sehr wenig entgegen arbeiten.

Die durch den Zug kontraktiler Wurzeln bewirkte Fortbewegung der Pflanze hat, physiologisch betrachtet, das Charakteristische, dass fertige, ausgewachsene Pflanzenteile durch in anderen Teilen der Pflanze stattfindende Wachstumsvorgänge von ihrem ursprünglichen Orte entfernt werden. Es ist also dasselbe, wie wenn der Spitzenteil

---

[1] Kerner von Marilaun giebt (Pflanzenleben, Bd. II, S. 768 u. f.), an, dass die Seitenzwiebeln von *Muscari racemorum* und *Ornithogalum nutans* durch den Zug von parallel der Erdoberfläche verlaufenden Wurzeln eine bedeutende Strecke von der Mutterzwiebel weggezogen werden, und dass hierdurch ein Auseinanderrücken der Individuen einer Kolonie zustande komme. Er nimmt solches auch für *Tulipa silvestris* an und glaubt, dass die unterirdische schnelle Verbreitung dieser Pflanze davon herrühre. Auch ist ihm eine Ortsveränderung von *Aconitum Napellus* durch den Zug der horizontalen Wurzelfasern wahrscheinlich. — Den Vorgang bei *Muscari* und *Ornithogalum* kenne ich nicht aus eigener Anschauung. Hingegen kommen nach meinen Erfahrungen bei *Tulipa silvestris* kontraktile Wurzeln überhaupt nicht vor. Die Verbreitung findet durch Ausläufer statt. Auch bei *Aconitum Napellus* habe ich merkliche Ortsveränderung durch Wurzelzug nicht gefunden.

eines Blattes durch interkalare Streckung des Basalteiles fortgeschoben, oder wenn die Rinde eines Baumes durch die Thätigkeit des Cambiums nach aussen gedrängt oder ein Sprossstück durch eine sich einrollende Ranke an die ergriffene Stütze herangezogen wird. Die hier behandelte Bewegung hat aber das Auffallende, dass in vielen Fällen nicht ein Teil der Pflanze, sondern die ganze Pflanze davon betroffen wird. Denn eine *Arum*-Knolle oder *Oxalis*-Zwiebel kriecht ja mit Hülfe ihrer gleich Armen ausgestreckten Zugwurzeln thatsächlich im Boden fort. Deshalb gewinnt diese Bewegungsweise äusserlich einige Ähnlichkeit mit der freien Ortsbewegung der niederen Pflanzen oder der Tiere, unterscheidet sich aber natürlich von dieser dadurch, dass sie auf Wachstumsvorgängen beruht und nicht rückgängig gemacht werden kann.

Richtung und Kontraktionsstärke der Wurzeln unterliegen bei manchen Pflanzen während der Entwickelung des Individuums beträchtlichen Änderungen. So sinkt bei manchen Amaryllideen *(Phaedranassa, Stenomesson, Eucharis)* die Maximalstärke der Kontraktion, welche während des Absteigens in die Tiefe 70 % beträgt, auf 20 bis 30 %, wenn diese Pflanzen ihre normale Tieflage erreicht haben; auch wachsen die Wurzeln später nicht mehr so steil abwärts, sondern gleich vom Grunde an flach nach aussen (siehe Taf. II, Fig. 2c). Eine gleichsinnige Veränderung der Kontraktionsstärke der Wurzeln zeigt *Arum maculatum*. Manche Irideen, wie *Tigridia*, bilden in ihrer normalen Tieflage die charakteristischen rübenförmigen Zugwurzeln überhaupt nicht mehr oder nur noch in sehr schwacher Weise; ähnlich verhalten sich die oben genannten *Oxalis*-Arten. Die Ursache dieser Änderung scheint mit der Begrenztheit der Grössenzunahme und der Stoffmenge der Pflanzen im Zusammenhang zu stehen. Durch das Aufhören der Bildung stark kontraktiler Wurzeln wird dem Eindringen dieser Pflanzen in die Tiefe eine Grenze gesetzt. Doch hängt es nicht von dem Entwickelungszustande der Pflanze ab, ob Wurzeln von grosser oder geringer Kontraktionsfähigkeit gebildet werden, sondern nur von der Tieflage derselben. Denn wenn erwachsene Pflanzen aus ihrer normalen Tieflage, wo die Intensität der Kontraktion sich sehr vermindert hat, in oberflächliche Lage versetzt werden, so beginnen sie von neuem mit der Bildung stark kontraktiler Wurzeln und streben mit Hülfe derselben ihrer normalen Tieflage wieder zu (siehe Taf. II, Fig. 2d).

Wo im Entwickelungsgange der Pflanze eine jährliche Periodizität besteht, da macht sich dieselbe gewöhnlich auch im Wurzelleben geltend. Auch die Bildung und Thätigkeit der kontraktilen Wurzeln ist bei vielen Pflanzen auf eine bestimmte Zeit des Jahres beschränkt. Bei *Phaedranassa chloracea* zum Beispiel, welche ich in ihrer Heimat, in den tropischen Anden, beobachtete, sind während des grössten Teiles des Jahres, zumal während der regenreichen Periode, in Kontraktion befindliche Wurzeln vorhanden; nur etwa während dreier Monate, von August bis Oktober, wo die Trockenheit sehr gross ist, wird die Wurzelbildung unterbrochen und die Kontraktionsthätigkeit hört infolge dessen auf. Bei einer *Tigridia*-Art und bei *Oxalis elegans*, welche in derselben Gegend einheimisch sind, dauert die Thätigkeit der kontraktilen Wurzeln jedes Jahr etwa 5 Monate lang. Manche der bei uns einheimischen Pflanzen schränken das Wirken ihrer kontraktilen Wurzeln zeitlich noch mehr ein. Bei *Arum maculatum* geht dasselbe nur während zweier oder dreier Monate (von September bis November), bei *Gladiolus communis* ebenfalls nur während dreier Monate vor sich. Alle diese Pflanzen bewegen sich daher, wenn man die ganze Zeit ihrer Entwickelung berücksichtigt, nicht gleichmässig, sondern ruckweise im Boden fort. Etwas ähnliches geschieht ja auch bei jenen Pflanzen, bei welchen die Erneuerungsknospen nicht durch den Zug der Wurzeln, sondern durch Zuwachsbewegung des Stammes in grössere Tiefe geschafft werden. So findet das Vorrücken des Vegetationspunktes von *Colchicum auctumnale* der Hauptsache nach auch bloss während etwa dreier Monate, von März bis Mai statt.

Analoge Lebenserscheinungen bei Pflanzen mit und ohne kontraktile Wurzeln.

Die kontraktilen Wurzeln sind im Pflanzenreiche weit verbreitet und unter den ausdauernden krautigen Phanerogamen, Monokotylen wie Dikotylen, am meisten ausgebildet. Bei Kryptogamen und phanerogamen Holzgewächsen habe ich kontraktile Wurzeln bis jetzt nicht aufgefunden. Besondere Wichtigkeit gewinnen sie bei jenen Gewächsen, deren Eigenart es ist, ihre Erneuerungsknospen unter die Erdoberfläche zu verlegen. Man kann diese Pflanzen wegen dieser eigenartigen Lebensweise als besonderen biologischen Typus auffassen.[1]

[1] „Geophile" Pflanzen nennt sie Areschoug. Vergl. dessen Beiträge zur Biologie der geophilen Pflanzen. (Acta Reg. Soc. Phys. Lund. T. VI. Lund 1896).

Innerhalb dieses Typus stehen sich, worauf ich schon bei anderer Gelegenheit hingewiesen habe,[1] besonders zwei Gruppen gegenüber, welche ganz verschiedene Mittel anwenden, um die Erneuerungsknospen in eine bestimmte Bodentiefe zu bringen beziehungsweise dieselben in dieser Tiefe zu erhalten. Bei der einen geschieht es durch Thätigkeit kontraktiler Wurzeln, bei der anderen durch Wachstumsbewegung der Sprossgebilde, ohne dass die Wurzeln dabei eine ausschlaggebende Rolle spielen. *Lilium martagon* und *Colchicum auctumnale* veranschaulichen in unserer Flora wohl am besten dieses entgegengesetzte Verhalten.

Trotz der ganz verschiedenartigen Einrichtungen zum Eindringen in die Erde zeigen doch die Vertreter dieser beiden Gruppen eine merkwürdige Übereinstimmung darin, dass sie zwar eine gewisse Tiefe anstreben, aber dieselbe auch nicht überschreiten. Für die mit Zugwurzeln begabten Pflanzen ist das bereits oben näher ausgeführt worden. Für das Verhalten jener Gewächse, denen kontraktile Wurzeln fehlen, ist ein schönes Beispiel *Colchicum autumnale.*

Bei den kleineren Exemplaren dieser Pflanze, welche sich an der Erdoberfläche aus Samen entwickelt haben, wachsen die Jahrestriebe fast senkrecht nach unten. Anfangs ist die Strecke, um welche die Erneuerungsknospe der Knolle jährlich abwärts rückt sehr klein, später steigert sie sich bis auf etwa 15 mm. Nähert sich die Knolle endlich der Tiefe von etwa 15 cm, wohin sie nach vielleicht 20jähriger Wanderung gelangt, so weicht die Richtung der Jahrestriebe immer mehr von der senkrechten ab und wird schliesslich horizontal. Die Knolle wächst infolge dessen nun nicht weiter abwärts, sondern behält ihre Tieflage bei. Wird aber eine solche Knolle aus ihrer normalen Tiefe genommen und in oberflächliche Lage versetzt, so ändert sie, ähnlich den mit Zugwurzeln versehenen Gewächsen, von neuem ihr Verhalten: Sie richtet ihre Jahrestriebe senkrecht abwärts, wie sie es in der Jugend gethan hatte, so dass dieselben nun nicht mehr neben einander, sondern über einander, die jüngsten zu unterst, liegen; und zwar thut sie das so lange, bis die normale Tieflage wieder erreicht ist.

Ähnlich sind die Vorgänge bei *Dentaria bulbifera.* Auf die Oberfläche der Erde gefallene Brutknospen, oder solche, welche nur

---

[1] Berichte der deutschen bot. Ges. Bd. XIV, Heft 4, S. 164.

wenig unter die Oberfläche geraten, entwickeln ein senkrecht abwärts wachsendes Rhizom. In der Tiefe werden aber die Triebe flacher und etwa 8 cm unter der Oberfläche laufen sie annähernd horizontal. Kommen die Brutknospen gleich anfangs in etwa 5 cm Tiefe, so wachsen sie sofort horizontal weiter.

Neue Individuen entstehen bei den hier in Betracht kommenden Pflanzen bekanntlich auf zweierlei Weise: Einmal durch von oberirdischen Organen gebildete Keime (Samen oder Brutknospen), welche auf die Erdoberfläche fallen, und zweitens dadurch, dass sich von den in der Erde befindlichen Grundaxen Zweige lostrennen und ein selbständiges Leben anfangen. Auch die auf dem letzteren Wege gebildeten Individuen haben in den beiden besprochenen Gruppen ein übereinstimmendes Benehmen.

Die Nebenzwiebeln der *Oxalis*-Arten zum Beispiel oder die Nebenknollen von *Arum*, welche zur Zeit ihrer Ablösung noch verhältnismässig klein sind, verharren ungefähr in der Tiefe, in welcher sie entstanden sind, wenn dies die normale ist, und wachsen daselbst zur definitiven Grösse heran. Wenn sie aber in oberflächliche Lage gebracht werden, so fangen sie, sobald Blätter zum Lichte gedrungen sind, an, mit Hülfe stark kontraktiler Wurzeln abzusteigen gleich den aus Samen enstandenen Individuen.

Übereinstimmend hiemit schlagen die Nebenknöllchen der in normaler Tiefe sitzenden Individuen von *Colchicum auctumnale* von Anfang an eine ungefähr horizontale Wachstumsrichtung ein und erreichen, ohne ihre Tieflage wesentlich zu ändern, im Laufe der Jahre ihre endgültige Grösse. In oberflächliche Lage versetzt, nehmen sie jedoch bald das Verhalten der absteigenden, aus Samen entstandenen Individuen an.

Je nachdem die Individuen auf die eine oder die andere Art entstehen, machen sie also unter normalen Umständen bezüglich dieser Verhältnisse eine ganz verschiedene Entwickelung durch.

Gleich anderen biologischen Eigentümlichkeiten, ist auch der Besitz kontraktiler Wurzeln nicht an Angehörige bestimmter systematischer Gruppen gebunden. Innerhalb derselben Familie kommen häufig bei einer Gattung stark kontraktile Wurzeln vor, während bei Arten einer anderen Gattung die Kontraktilität ganz fehlt oder doch nur in geringem Grade sich findet. Als Beispiele für solches entgegengesetztes Verhalten seien genannt: Die Liliaceen *Lilium Martagon* und *Colchicum auctumnale*, die Amaryllideen *Phaedranassa chlora-*

cea und *Bomarea Caldasiana*, die Solanaceen *Atropa Belladonna* und *Physalis Alkekengi.* In manchen Abteilungen des Systems zeigt sich hingegen grosse Übereinstimmung im diesbezüglichen Verhalten. So scheinen in den Familien der Gramineen und Bromeliaceen kontraktile Wurzeln nicht vorzukommen, ebenso wie sie unter den Orchideen im allgemeinen keine grosse Rolle spielen. Dagegen bilden die Liliaceen, Amaryllideen, Irideen und Araceen ein Hauptgebiet ihres Vorkommens, und die Angehörigen einzelner Untergruppen dieser Familien scheinen durchgehends damit ausgestattet zu sein.

Figurenerklärung.

Die gestrichelten Horizontallinien bedeuten die Oberfläche der Erde. Von den neben die Wurzeln gezeichneten Massstäben giebt der eine die ursprüngliche (5 mm betragende), der andere die durch die Verkürzung herbeigeführte Entfernung der auf die Wurzeln aufgetragenen Marken von einander an.

Tafel I.

Fig. 1. *Plantago media.* Nat. Gr. Erwachsenes, älteres Exemplar. Längsschnitt. — * Grenze zwischen Spross und Wurzel.

Fig. 2. *Plantago major.* Nat. Gr. Erwachsenes, älteres Exemplar. Längsschnitt.

Fig. 3. *Phyteuma spicatum.* Nat. Gr. Erwachsenes, älteres Exemplar. * Grenze zwischen Spross und Wurzel. — Die Hauptwurzel mit leichten Querrunzeln. Die Seitenwurzeln zeigen die eigentümliche Verzerrung.

Fig. 4. *Phaedranassa chloracea.* Nat. Gr. Teil eines Längsschnittes durch die erwachsene, ältere Zwiebel. Die Pfeile zeigen auf die Spuren der Blütenstengel und geben den jährlichen Längenzuwachs der von unten her absterbenden Zwiebelaxe an. * Diesjähriger Blütenstengel, links davon die Hauptknospe. Die Wurzeln durchbrechen abwärts wachsend die Rinde.

Fig. 5. *Lilium Martagon.* Nat. Gr. Axe einer erwachsenen, älteren Zwiebel nach Entfernung der Schuppen. Die Pfeile zeigen auf die Narben der oberirdischen Sprosse und geben den jährlichen Längenzuwachs der von unten her absterbenden Axe an. * Diesjähriger Luftspross, links davon die Hauptknospe. Aus dem unteren Teile des Zwiebelstammes kommen die kontraktilen, stark gerunzelten Wurzeln.

Fig. 6. u. 7. *Oxalis elegans.* Nat. Gr. Längsschnitte durch die Zwiebel und die kontraktile Wurzel erwachsener Exemplare.

Fig. 6. Im Anfange der Kontraktion. Die fleischige Wurzel ist noch glatt.

Fig. 7. Gegen Ende der Kontraktion. Die Wurzel ist im basalen Teile faltig geworden und zusammengeschrumpft. Der Gefässbündelstrang ist stark verbogen. * Aus ihrer ursprünglichen Lage verzerrte unkontraktile Wurzeln.

Tafel II.

Fig. 1. *Arum maculatum.* Nat. Gr. Durch die (jetzt im Absterben begriffenen) Wurzeln abwärts gezogene Knolle am Ende der Vegetationsperiode. Die obere, gestrichelte Figur giebt die ursprüngliche Lage der Knolle an.

Fig. 2. *Phaedranassa chloracea.* $^1/_{10}$ Nat. Gr.
a. Keimpflanze.
b. Aus Samen entstandenes, absteigendes Exemplar im zweiten Jahre.
c. Erwachsenes Exemplar in normaler Tieflage.
d. Erwachsenes, abnorm hoch sitzendes Exemplar, im Absteigen begriffen.

Der Deutlichkeit wegen sind von den zahlreichen Wurzeln nur je zwei gezeichnet. Man beachte die verschiedene Richtung derselben bei b und d einerseits und c anderseits. — Die Pfeile zeigen auf die Vegetationspunkte der Zwiebeln und geben die Tieflage derselben an.

Fig. 3. Radiale Längswand der Endodermis aus dem basalen, sich um 70 % verkürzenden Teile der Wurzel von *Phaedranassa chloracea.* Flächenansicht. Vergr. 300.

a) bei 35 % Verkürzung. — b) bei 70 % Verkürzung. Die Wellen sind näher aneinandergerückt und — was auf der Figur nicht zu sehen ist — höher geworden.

Fig. 4. Querschnitte des basalen Teiles von Wurzeln der *Phaedranassa chloracea* nach Beendigung der Kontraktion. 3fache Grösse.

a) Von einem erwachsenen, in normaler Tiefe befindlichen Exemplar (Fig. 2, c) mit 25 % Verkürzung.

b) Von einem erwachsenen, absteigenden Exemplar (Fig. 2, d) mit 60 % Verkürzung.

x = Zone der zusammengedrückten Zellen.

Fig. 5. u. 6. Aus dem um 70 % verkürzten basalen Teile der Wurzel von *Phaedranassa chloracea.*

Fig. 5. Endodermis im optischen Flächenschnitt durch den am stärksten gewellten Teil der Zellwände. Vergr. 300.

Fig. 6. Exodermis. Optischer Flächenschnitt durch die Mitte der Zellen. Vergr. 150.

Fig. 7. *Agave americana.* Wurzel eines jungen Exemplares nach Beendigung der Kontraktion. Nat. Gr. Der dicke Basalteil ist kontraktil, der dünne Spitzenteil nicht. — Die Marken zeigen die Verteilung der Kontraktion an.

Fig. 8. *Phaedranassa chloracea.* Basalteile der Wurzeln eines erwachsenen Exemplares nach vollendeter Kontraktion. Nat. Gr. — Die Marken zeigen die Verteilung der Kontraktion an.

Bei a) ist die Verkürzung ungestört vor sich gegangen.

Bei b) ist auf einer Strecke bald nach Beendigung des Längenwachstums derselben der grösste Teil des Rindengewebes durch Abschneiden entfernt worden. Diese Strecke hat sich dementsprechend nur wenig verkürzt.

Die gummösen Verstopfungen des serehkranken Zuckerrohres.

Von

A. Wieler.

Seit mehreren Jahren werden die Zuckerrohrkulturen auf Java von einer als „Sereh“ bezeichneten Krankheit heimgesucht, welche die Ernten stark beeinträchtigt und damit den Wohlstand des Landes arg gefährdet hat. Es lag nahe, von einer wissenschaftlichen Erforschung der Ursache dieser Krankheit Abhilfe von der Kalamität zu erwarten. Eine ganze Reihe von Forschern hat sich in den letzten Jahren dieser Aufgabe gewidmet, ohne dass es gelungen wäre, die Ursache aufzudecken. Ein wesentlicher Grund für diesen Misserfolg dürfte darin zu suchen sein, dass die Krankheit keine spezifische Symptome besitzt wie andere Pflanzenkrankheiten, an denen wenigstens ihr Sitz leicht zu erkennen wäre. Sie macht sich nur in der Störung gewisser physiologischer Funktionen fühlbar, Störungen, welche in derselben Weise auch durch ganz andere Ursachen herbeigeführt werden können.

Serehkranke Pflanzen sind durch ein vermindertes Wachstum gekennzeichnet. Die Glieder des Stockes bleiben kurz und von geringem Durchmesser. Dadurch rücken die an den einzelnen Knoten stehenden Blätter dicht an einander und nehmen ein fächerförmiges Aussehen an. Entsprechend den veränderten Wuchsverhältnissen des Stockes sind sie häufig kürzer und schmäler als die Blätter gesunder Pflanzen. Normalerweise reinigt sich der Stock von den abgestorbenen Blättern; bei den kranken Pflanzen bleiben sie sitzen, so dass der Stock dicht von Blättern eingehüllt ist. Während die über der Erde am Stock stehenden Knospen bei gesunden Pflanzen nicht austreiben, ausser wenn der Stock geblüht hatte, findet man bei den kranken Pflanzen zahlreiche Sprosse am Stock sitzen. Die Bildung neuer Sprosse am unterirdischen Teil ist gleichfalls viel bedeutender bei den kranken Pflanzen als bei den

gesunden. So erhält eine derartige stark kranke Pflanze ein eigentümliches buschartiges Aussehen. Meistens gesellt sich dazu eine reichliche Wurzelbildung am oberirdischen Teil, welche durch die in den Blatthüllen vorhandene Feuchtigkeit begünstigt wird. Natürlich kommen alle möglichen Übergänge zwischen gesundem und sehr krankem Rohr vor, was die Aufgabe noch komplizierter gestaltet. Wie aus den angeführten Symptomen erhellt, handelt es sich zum Teil um Wachstumserscheinungen, wie sie etwa durch mangelhafte Wasserzufuhr bedingt sein können, während andere Symptome vielleicht nur als Korrelationserscheinungen zu diesen aufzufassen sind. Ja Janse[1] führt den Habitus des serehkranken Rohres geradezu auf ein vermindertes Wachstum infolge geringer Wasserzufuhr zum Stock und seinen Anhangsorganen zurück. Es würden sich demnach diese kranken Zuckerrohrpflanzen zu den gesunden verhalten, wie etwa bei anderen Pflanzen in Töpfen kultivierte Exemplare zu solchen aus dem freien Lande.[2] Da sich aber die Natur des Bodens und mithin auch seine Feuchtigkeitsverhältnisse gegen früher nicht geändert haben, so kann Janse den Grund für die Erscheinungen nicht in einer zu geringen Feuchtigkeit des Bodens suchen, was das Analoge zu dem Verhalten anderer Pflanzen in Töpfen wäre. Experimentelle Untersuchungen haben ihm gezeigt, dass ein Teil der Gefässbündel im Halm beim serehkranken Rohre verstopft ist, was eine geringe Wasserzufuhr zu dem Vegetationspunkt und den Blättern bedingt. In diesen übrigens schon aus den Untersuchungen anderer Forscher bekannten Verstopfungen soll also die Ursache für den eigentümlichen Habitus des serehkranken Rohres liegen. Gegen die Janseschen Versuche und den aus ihnen gezogenen Schlussfolgerungen lassen sich aber allerlei Bedenken geltend machen.[3] Vor allen Dingen ist zu betonen, dass die Zahl der Versuche nicht ausreichend ist, um eine so fundamentale Anschauung sicher zu begründen. Sollte sich ihre Richtigkeit heraus-

---

[1] Proeve eener verklaring van sereh — verschijuselen. Mededeelingen uit 's Lands Plantentuin VIII. 1891.

[2] Wieler, Beitäge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstums. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. 1887, Bd. XVIII.

[3] vergl. Wieler in Benecke, Sereh, onderzoekingen en beschouwingen over oorzaken en middelen 5. Aflev. 1892. Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java“.

stellen, so würde der eigentümliche Wuchs des serehkranken Rohres einfach und befriedigend erklärt sein. Vielleicht hat gerade die Einfachheit dieser Erklärung Janse bestochen, aber man muss sich in der Pflanzenphysiologie wohl hüten, eine Erklärung deshalb als richtig aufzufassen, weil sie sehr einfach und einleuchtend ist. Dieser Standpunkt hat sich schon mehrfach als verfehlt erwiesen; im allgemeinen kann man immer das Gegenteil erwarten.

Das Auftreten der Verstopfungen im Stock des serehkranken Rohres würde freilich den Habitus der Pflanze erklärt, aber nicht die Ursache der Krankheit aufgedeckt haben. Es galt jetzt, den Ursprung und das Auftreten der Verstopfungen zu erklären. Auch dies Rätsel gelang Janse — wenigstens seiner Meinung nach — zu lösen. Er konnte feststellen, dass die Gefässverstopfungen gummiartiger Natur und die Zoogloëa eines Bakteriums, des Bacillus Sacchari, seien. Damit war die Sereh als parasitäre Krankheit und zwar als Bakterienkrankheit erkannt. Lassen sich gegen den ersten Teil der Janseschen Untersuchung schon gewichtige Einwände erheben, so ist das bei dem zweiten Teil in gesteigertem Masse der Fall. Weder ist der Nachweis einwurfsfrei geführt, dass die Schleimpfropfen in den Gefässbündeln Zoogloën sind, noch dass der von Janse entdeckte Bacillus Sacchari thatsächlich diese Pfropfen im gesunden Rohr zu erzeugen vermag. Ich gehe an dieser Stelle nicht näher darauf ein, möchte aber daran erinnern, dass schon Benecke[1] auf Grund der Janseschen Untersuchung nachgewiesen hat, wie mangelhaft in methodischer Hinsicht die Jansesche Arbeit ausgeführt worden ist.

Als ich durch Vermittlung von Herrn Dr. Benecke, dem letzten Direktor der Versuchsstation „Midden—Java“ auf Java mit dem von den Verstopfungen der Wasserbahnen des Zuckerrohres handelnden Teil der Janseschen Untersuchung bekannt wurde, rief die Lektüre der Arbeit bei mir die Vermutung wach, dass die von Janse beobachteten Verstopfungen der Gefässe mit denen der Gefässe im Kern- und zum Teil im Splintholz vieler Laubbäume identisch sein möchten. Und diese Vermutung wurde mir zur Gewissheit, als ich zum erstenmale serehkrankes Rohr unter dem Mikroskope zu sehen Gelegenheit hatte.

---

[1] Sereh, l. c. 1893, 6. Kapitel.

Das normale Auftreten solcher Verstopfungen bei vielen Laubbäumen scheint fast allen Forschern, welche sich mit der „Sereh“ beschäftigt haben, unbekannt geblieben oder wenigstens nicht in voller Bedeutung zum Bewusstsein gekommen zu sein. Sind die Verstopfungen des serehkranken Zuckerrohres identisch mit denen unserer Laubbäume, so ist es ausgeschlossen, dass sie Bakterienprodukte sind, oder man müsste den Schluss machen, dass auch die Verstopfungen der Waldbäume durch Bakterien hervorgerufen werden, wozu keine Veranlassung vorliegt. Lässt sich jene vermutete Identität erweisen, so muss die Rolle, welche die Verstopfungen bei der Krankheit spielen, eine ganz andere werden, als Janse annimmt. Mit diesem Nachweis wäre die Krankheitsursache in ein ganz anderes Licht gerückt worden, und es war deshalb für die Erforschung der „Sereh“ von hoher Bedeutung, die Natur der Verstopfungen genau zu kennen. Nun war für den Kundigen allerdings schon der Nachweis durch die von Valeton[1] veröffentlichten sehr sorgfältigen Untersuchungen über die Verstopfungen geführt worden, aber er selbst hatte es unterlassen, auf die Übereinstimmung mit den normaler Weise im Laubholz auftretenden Verstopfungen hinzuweisen und hatte seiner Sache dadurch geschadet, dass er später im Gegensatz zu seiner ursprünglichen Ansicht, welche jeden Zusammenhang der Verstopfungen mit Bakterien verwarf, ohne sachliche Unterlage einen ursächlichen Zusammenhang zwischen beiden zugab. Unter solchen Umständen hielt es Herr Dr. Benecke, der von der grossen Wichtigkeit, die Natur der Verstopfungen unzweifelhaft aufzuklären, durchdrungen war, für notwendig, sie abermals eingehend studieren zu lassen. Er erachtete es aber für wünschenswert, um volle Objektivität der Untersuchung gewährleistet zu haben, dass niemand, „von der Parteien Gunst und Hass verwirrt“, sie ausführen möchte. Das war das Motiv, warum er an mich mit der Aufforderung herantrat, diese Untersuchung für die Versuchsstation Midden—Java auszuführen, konnte er doch auf Grund meiner früheren Veröffentlichungen ein Interesse für diese Frage bei mir voraussetzen. Diese Voraussetzung täuschte ihn nicht, und ich ging gern auf das Anerbieten ein, obgleich ich mir das

---

[1] Bijdrage tot de kennis der serehziekte. Proefstation Ost-Java Batavia 1891. G. Kolff & Co.

Missliche eines solchen Auftrages nicht verhehlte, wenn man lediglich auf Spiritusmaterial und zwar auf Material, das man nicht einmal im lebenden Zustande gesehen, geschweige denn selbst gesammelt hatte, angewiesen ist. Natürlich ist auch eine Prüfung der sich aus der direkten Beobachtung ergebenden Schlüsse auf ihre Richtigkeit ausgeschlossen. Allerdings war vonseiten der Versuchsstation Midden—Java beabsichtigt, entsprechend den Ergebnissen der mikroskopischen Untersuchung geeignete Versuche in Java auszuführen, doch scheiterte dieser Teil des Planes infolge Aufhebung der Station. Im Nachstehenden teile ich die Ergebnisse meiner Untersuchung mit, die seit dem Herbst 1894 abgeschlossen ist. Aus Gründen, deren Mitteilung kein Interesse bietet, wurde bis jetzt mit der Veröffentlichung gewartet.

Da, nachdem ich mich bereit erklärt hatte, die Untersuchung zu übernehmen, eine sofortige Bearbeitung nicht möglich war, weil erst das nötige Material beschafft werden musste, habe ich auf Wunsch von Herrn Dr. Benecke, welcher es für angezeigt erachtete, in den Wein der bakteriologischen Begeisterung etwas Wasser zu schütten, da er von der Unrichtigkeit der Janseschen Untersuchung überzeugt war, eine Zusammenstellung aller damals bekannten Gefässverstopfungen bei Mono- und Dikotylen angefertigt,[1] es dem Leser überlassend, selbst seine Schlüsse daraus auf die Natur der Verstopfungen in den Gefässbündeln des Zuckerrohres zu ziehen. Ob dieser Zweck erreicht wurde? Was diese Zusammenstellung andeutete, dass die Verstopfungen beim Zuckerrohr identisch mit den gummösen Verstopfungen unserer Laubbäume seien, soll in dieser Abhandlung bewiesen werden.

Zum richtigen Verständnis meiner Darlegungen bin ich genötigt, eine eingehende Beschreibung des meiner Untersuchng zugrunde liegenden Materiales vorauszuschicken. Meine Untersuchung erstreckt sich auf die Natur der Verstopfungen, ihr Vorkommen und ihre Verbreitung beim Zuckerrohr.

Beschreibung des Untersuchungsmateriales.

Der Hauptsache nach war ich darauf angewiesen, meine Untersuchung an Alkoholmaterial anzustellen. Da im Laufe der wissen-

[1] Mededeelingen van het Proefstation Midden-Java te Klaten, Semarang 1892. Abgedruckt im Biologischen Zentralblatt, XIII. Bd. 1893.

schaftlichen Diskussion, auch der Gedanke geäussert worden ist, dass möglicherweise überhaupt kein gesundes Rohr mehr auf Java vorhanden sein möchte, habe ich es mir angelegen sein lassen, mir aus anderer Gegend unzweifelhaft gesundes Rohr zu verschaffen. Herr J. B. Harrison vom Government Laboratory in Georgetown, Demerara hatte, wofür ich ihm hier meinen verbindlichsten Dank abstatte, die Güte, mir aus dem dortigen Botanischen Garten gesundes Rohr zu senden. Im Sommer 1893 erhielt ich drei verschiedene Stöcke, welche aus Samen gezogen und ungefähr 14 Monate alt waren. Herr Harrison teilt mir über das Rohr brieflich folgendes mit: „Der Same war von vollkommen gesunden Pflanzen genommen worden, und gegenwärtig sind die Pflanzen ihres auffallend gesunden und kräftigen Aussehens wegen bemerkenswert."

Dem Aussehen nach zu urteilen, gehören die 3 Stöcke 3 verschiedenen Varietäten an. Keine derselben ist identisch mit Teboe Cheribon und scheint auch nicht mit den anderen aus Java gesandten Varietäten identisch zu sein, im übrigen habe ich mich nicht bemüht, die Varietäten mit javanischen identifizieren zu lassen. Von diesen 3 Stöcken habe ich ein Exemplar bisher näher untersucht und, wenn im nachstehenden von Rohr aus Guiana die Rede ist, so bezieht sich das auf dies Exemplar. Steckling und unterer Teil mit den ersten Knoten und dem Wurzelsystem sowie die Blattkrone fehlen, unterhalb der letzteren ist der Stock abgeschnitten worden. Das mir zur Verfügung stehende Stück hatte 19 Knoten und 20 Internodien. Da es in Alkohol verpackt werden musste, wurde es auseinandergeschnitten. Da ich nicht weiss, ob nicht hierbei vielleicht kleine Teile des Internodiums abgeschnitten sind, füge ich in diesen Fällen — und das habe ich beim übrigen Rohr ebenso gemacht — der Grössenangabe der Glieder die Bezeichnung mindestens hinzu.

Unter Glied verstehe ich einen Knoten mit dem darüberstehenden Internodium;[1] ich zähle hier wie auch im folgenden immer von unten nach oben.

1.	Glied mindestens	120	mm lang.	4.	Glied mindestens	85	mm lang.
2.	„	110	„ „	5.	„	80	„ „
3.	„	80	„ „	6.	„	105	„ „

[1] In physiologischer Hinsicht scheint diese Zusammenstellung nicht zutreffend zu sein, vielmehr dürfte das Internodium mit dem darüberstehenden Knoten eine Einheit bilden.

7. Glied		115 mm lang	13. Glied		80 mm lang
8. „	mindest.	125 „ „	14. „	mindest.	105 „ „
9. „		115 „ „	15. „		100 „ „
10. „		115 „ „	16. „		80 „ „
11. „		105 „ „	17. „		75 „ „
12. „		75 „ „	18. „		105 „ „

Der Querdurchmesser des Rohres betrug im allgemeinen 35 mm. Knospen waren nicht ausgetrieben. Von Wurzeln fand sich nur eine kleine Spur am untersten Knoten. Die Blätter waren normal abgefallen, nur am jüngsten Knoten findet sich eine Blattscheide. Abnormes bietet das Rohr der makroskopischen Betrachtung nicht dar, ausser einer Wunde im jüngsten Internodium. Dies Loch reicht bis in den darunter befindlichen Knoten und nimmt einen grossen Teil des Querschnittes ein. In ihm befindet sich ein Tier, wahrscheinlich ein „Bohrer“,[1] welches dies Loch gefressen hat. Der Rand des Loches ist braun gefärbt.

Aus Java erhielt ich von Herrn Dr. Benecke zwei Sendungen, eine im Jahre 1892, die andere im Jahre 1893; letztere ist die wertvollere. Die Varietät, welche auf Java angebaut zu werden pflegt und schon lange dort kultiviert worden ist, heisst Teboe Cheribon. Von ihr stammt das meiste meines Untersuchungsmateriales; ihr habe ich auch meine Hauptaufmerksamkeit zugewandt. Ausser Teboe Cheribon enthielten die Sendungen Exemplare verschiedener anderer Varietäten und Arten, um festzustellen, ob auch an ihnen in derselben Weise wie beim serehkranken Teboe Cheribon die Verstopfungen auftreten. In der nachfolgenden Zusammenstellung trenne ich das Teboe Cheribon von den übrigen Rohr-Varietäten und -Arten. Bei ersterem stelle ich die Sendung aus dem Jahre 1893 mit Rücksicht auf ihren höheren Wert für die Untersuchung voran; das Rohr der Sendung aus dem Jahre 1892 sollte nur zur oberflächlichen Orientierung dienen. Von den meisten Stöcken der Sendung von 1893 stand mir nur die eine Längshälfte zur Verfügung, doch ist es nicht wahrscheinlich, dass durch diesen Umstand die Untersuchungsergebnisse irgendwie beeinträchtigt worden sind.

[1] Unter Bohrer versteht man die Raupen einiger Zünsler- und Wicklerarten. Nähere Angaben über diese Insekten findet der Leser in W. Krüger, Berichte der Versuchsstation für Zuckerrohr in West-Java, Kagok-Tegal (Java) Heft 1. Dresden 1890.

I. Teboe Cheribon.

1. Sendung aus dem Jahre 1893.

A. Herkunft: Varietäten-Garten der Station „Midden—Java“, gepflanzt am 16. und 18. Juli 1892, geschnitten am 18. Mai 1893.

1. Von einer Pflanze, welche geblüht und infolge dessen am Stock viele Sprosse entwickelt hatte. Gesamtlänge des vorhandenen Stockes 331 cm. Der Steckling fehlt; der Stock nahe an demselben abgeschnitten. Die Blattkrone fehlt. Der Stock besitzt 46 Knoten. Die Grösse der ersten 40 Glieder ist von unten nach oben gezählt, folgende:

1.	Glied	} 55	mm		21.	Glied	95	mm	mindestens
2.	„				22.	„	110	„	„
3.	„				23.	„	90	„	
4.	„				24.	„	82	„	
5.	„	25	„		25.	„	80	„	
6.	„	35	„		26.	„	80	„	
7.	„	49	„		27.	„	80	„	
8.	„	55	„	mindestens	28.	„	90	„	
9.	„	85	„	„	29.	„	85	„	
10.	„	100	„	„	30.	„	90	„	„
11.	„	112	„		31.	„	95	„	
12.	„	112	„		32.	„	95	„	
13.	„	75	„	„	33.	„	90	„	„
14.	„	97	„		34.	„	90	„	
15.	„	85	„		35.	„	85	„	„
16.	„	80	„	„	36.	„	80	„	
17.	„	82	„		37.	„	55	„	„
18.	„	70	„		38.	„	65	„	
19.	„	79	„		39.	„	55	„	
20.	„	87	„		40.	„	45	„	

Der Querdurchmesser ist etwa 35 mm gross.

Die Wurzeln reichen hinauf bis zum 10. Knoten, die Blattscheiden abwärts bis zum 41. Knoten.

Die Knospen sind ausgewachsen am Knoten: 22, 24, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41; davon sind ziemlich ansehnliche Sprosse die bei 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39.

An den vier letzteren treten auch Wurzeln auf.

B. Herkunft: Erster Schnitt, gewonnen von Zwischensteck-linge,[1] aus dem Stecklingsfeld zu Blitar, gepflanzt 20. September 1892, geschnitten am 18. Mai 1893.

2. Schöner violetter Stock von einer prächtigen Pflanze. Steck-linge, unterster Teil des Stockes mit dem Wurzelsystem und der Blätterbusch fehlen. Länge des vorliegenden Stockes über 2 Meter, Querdurchmesser 35—40 mm. 32 Knoten:

1.	Glied		45	mm	lang	18.	Glied	90	mm	lang
2.	„		50	„	„	19.	„	85	„	„
3.	„	mindestens	50	„	„					
4.	„		43	„	„	21.	„	65	„	„
5.	„		58	„	„	22.	„	65	„	„
6.	„		35	„	„	23.	„	52	„	„
						24.	„	50	„	„
8.	„		80	„	„	25.	„	63	„	„
9.	„	„	90	„	„					
10.	„	„	74	„	„	27.	„	45	„	„
11.	„		85	„	„					
12.	„		75	„	„	29.	„	50	„	„
						30.	„	55	„	„
14.	„		85	„	„	31.	„	60	„	„
						32.	„	50	„	„
16.	„		95	„	„					

Es wird noch bemerkt, dass zur Zeit sporadisch Sereh auf-trat, der Boden tiefliegend und viel Regen gefallen war.

---

[1] Zu Stecklingen werden verschiedene Teile des Stockes benutzt; je nach-dem von welcher Stelle desselben sie herstammen, erhalten sie einen besonderen Namen. Da die verschiedenen Stecklinge in dieser Abhandlung mehrfach Er-wähnung finden, gebe ich hier die Erklärung für sämtliche Arten nach den Mit-teilungen von Benecke (Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java„ te Se-marang. Voorstel tot eene nieuwe wijze van benaming der stekken van het sui-kerriet. 1890 und Nieuwe Waarnemingen van abnormale verschijnselen bij het sui-kerriet.“ 1891 in der deutschen Inhaltsübersicht).

Untersteckling ist „der unterste Teil des Stockes, welcher sich infolge der üblichen Behäufelung im Boden befindet“. Er führt in der Praxis auf Java den Namen „dongkilan“.

Obersteckling ist „der oberste Teil des Stockes, welcher noch weich und farblos ist, dessen Sprossaugen noch nicht ihre normale Grösse erreicht haben

3. Schöner, violetter Stock von einer anderen Pflanze als 2. Nur bruchstückweise vorhanden. Er scheint noch unter der Erde abgeschnitten zu sein. Bezeichnet man den untersten Knoten mit 1, so haben wir folgende Längen:

1. Glied 30 mm	18. Glied 75 mm
2. „ 35 „	19. „ 100 „
3. „ 45 „	20. „ 107 „
4. „ 40 „	21.—30. Glied fehlt[1]
5. „ 42 „	31. Glied 55 mm
6. „ 45 „	32. „ 50 „
7. „ 62 „	Später jüngste Glieder mit
8.—17. Glied fehlt.[1]	dem Vegetationspunkt.

Querdurchmesser normal.

Die Blattscheiden reichen abwärts bis zum 32. Knoten.

Die ersten 7 Knoten sind reichlich mit Wurzeln versehen.

C. Herkunft: Zwischensteckling vom Stecklingsfeld zu Blitar. Zweiter Schnitt. Zur Zeit sporadisch Sereh. Tief liegend, viel Regen! Gepflanzt 25. Januar 1893, geschnitten 18. Mai 1893.

4. Ausgesucht typischer Serehbusch, ganze Pflanze. Hauptspross mit Steckling, aber ohne Blattflächen. Vom Steckling ab 33 cm hoch. Ausserdem 4 andere dazugehörige Sprosse je 4 bis 16 cm hoch.

1—4 Glied	30 mm		
5—8 „	35 „	Querdurchmesser	18—21 mm
9—12 „	75 „	„	22—19 „
13 „	20 „		

weiter aufwärts sind die Glieder noch unentwickelt.

---

und von dessen Knoten die Blattscheiden nicht ohne Beschädigung des Stockes entfernt werden können.“ Für ihn sind bei den Praktikern auf Java die Bezeichnungen „poetjoek“ und „topbibit“ in Gebrauch.

Mittelsteckling ist „derjenige Teil des Stockes, welcher sich zwischen dem Ober- und Untersteckling befindet“. Er führt auf Java die Bezeichnungen „topbibit“, „eerste bibit“, „tweede bibit“.

Zwischensteckling besteht aus dem „untersten Teil des Oberstecklings und dem obersten Teil des Mittelstecklings“.

[1] Diese Glieder wurden hier wie in anderen Fällen mit Rücksicht auf Verpackung und Versendung weggelassen, und zwar geschah das in der Erwägung, dass sie, nach dem äusseren Schein zu schliessen, an der Beurteilung des Zustandes des gesamten Stockes nichts ändern würden.

Blattscheiden reichen abwärts bis zum 10. Knoten, Wurzeln aufwärts bis zum 8. Knoten.

5. Ausgesucht typischer Serehbusch, ganze Pflanze. Steckling mit dem Hauptspross. Von letzterem ist übrigens nur der untere Teil vorhanden, der 6,5 cm hoch ist und 11 Knoten besitzt. Der Querdurchmesser beträgt 18 mm. Ausserdem sechs hierzu gehörige Sprosse, welche 20 cm oder weniger hoch sind:

a) 20 cm hoch. Alles von Blattscheiden eingehüllt.
b) 15 „ „
c) 17 „ „

D. Herkunft: Zwischenstecklinge vom Stecklingsfeld zu Blitar. Bessere höhere Lage. Gepflanzt in der ersten Hälfte Januar, geschnitten am 18. Mai 1893.

6. Muttersteckling mit Hauptspross. Blätterkrone oberhalb des Vegetationspunktes abgeschnitten, 66 cm hoch. Querdurchmesser ca. 3 cm.

1.—3.	Glied	15 mm	lang	15.	Glied	60 mm	lang
4.—9.	„	65 „	„	16.	„	80 „	„
10.—12.	„	47 „	„	17.	„	80 „	„
14.	„	35 „	„	18.	„	95 „	„

Die Wurzeln reichen aufwärts bis zum 12. Knoten, die Blattscheiden abwärts bis zum 15. Knoten. — Ausserdem zwei Sprosse mit Vegetationspunkt.

7. Ein ganzer Stock ohne Blattflächen und Vegetationspunkt, 84 cm hoch, Querdurchmesser 35 mm, im untersten Teil kleiner.

1.—9.	Glied	35 mm	lang	20.	Glied	80 mm	lang
10.—15.	„	112 „	„	21.	„	105 „	„
16.	„ mindest.	25 „	„	22.	„	110 „	„
17.	„	55 „	„	23.	„	105 „	„
18.	„	65 „	„	24.	„	105 „	„
19.	„	70 „	„				

Die Wurzeln reichen aufwärts bis zum 16. Knoten, die Blattscheiden abwärts bis zum 18. Knoten.

8. Ein älterer Spross von derselben Pflanze, ohne Blattkrone und Vegetationspunkt 93 cm hoch. 23 Knoten.

Bis zum 6. Knoten	etwa	30	mm	hoch	
vom 6.—14. „	„	105	„	„	
14. Glied	„	30	„	„	
15. „		45	„	„	
16. „		65	„	„	
17. „		75	„	„	
18. „		90	„	„	
19. „	mindestens	75	„	„	wahrscheinlich länger
20. „		105	„	„	
21. „		95	„	„	
22. „		100	„	„	

Die alleruntersten Internodien sind aber kurz, nach obenhin werden sie bedeutend länger und in kurzem erreichen sie normale Grösse. Querdurchmesser in diesem Teil 35 mm, im 12. Internodium 30 mm, weiter abwärts wird er kleiner. — Die Wurzeln gehen aufwärts bis zum 13. Knoten, die Blattscheiden gehen hinab bis zum 19. Knoten.

9. Ein jüngerer Spross von derselben Pflanze, ohne Vegetationspunkt 44 cm hoch. Bau wie der ältere Spross. 10 Knoten.

10. Ein Stock von derselben Pflanze wie 8. Sprosse nicht bewahrt. Länge ohne Blattkrone, incl. Vegetationspunkt, 76 cm. Ausser dem den Vegetationspunkt führenden Teil 15 Knoten. Querdurchmesser 33—35 mm. Wurzeln reichen bis zum 7. Knoten aufwärts, Blattscheiden bis zum 11. Knoten abwärts.

Länge	des	4.	Gliedes	10	mm	Länge	des	10.	Gliedes	50	mm
„	„	5.	„	20	„	„	„	11.	„	70	„
„	„	6.	„	30	„	„	„	12.	„	100	„
„	„	7.	„	27	„	„	„	13.	„	110	„
„	„	8.	„	26	„	„	„	14.	„	110	„
„	„	9.	„	30	„						

E. Herkunft: Generationsstecklinge, gepflanzt auf der von Herrn A. B. Andreas administrierten Plantage Tjepper 10. November 1893, geschnitten 18. Mai 1893.

Vielleicht Zwischensteckling.

Grund: vorher niemals Rohr. Sehr viel Sereh, sodass der Ertrag höchstens auf 2—300 pikul[1] per bouw, d. h. auf 90,000 Ko. per Hektar, wenn der pikul zu 6200 Ko. gerechnet, geschätzt wird. Das Feld war durch die Schuld eines Feldaufsehers sehr schlecht bearbeitet worden.

1. Aus Feld-Mitte.

11. Busch, gebildet aus vielen kleinen Sprossen mit einem einzigen kräftigen Stock. Ohne Blattkrone. Höhe des Stockes 120 cm, Breite 29—32 mm; Zahl der Glieder: 38.

Höhe bis zum	5. Knoten		40 mm		Länge des	25.	Gliedes	48	mm
„ vom	5.—13.	„	75	„	„ „	26.	„	53	„
Länge des	13.	Gliedes	20	„	„ „	27.	„	54	„
„ „	14.	„	20	„	„ „	28.	„	53	„
„ „	15.	„	20	„	„ „	29.	„	50	„
„ „	16.	„	22	„	„ „	30.	„	45	„
„ „	17.	„	25	„	„ „	31.	„	41	„
„ „	18.	„	30	„	„ „	32.	„	40	„
„ „	19.	„	35	„	„ „	33.	„	?	„
„ „	20.	„	37	„	„ „	34.	„	45	„
„ „	21.	„	30	„	„ „	35.	„	35	„
„ „	22.	„	45	„	„ „	36.	„	32	„
„ „	23.	„	45	„	„ „	37.	„	30	„
„ „	24.	„	46	„					

Die Wurzeln reichen aufwärts bis zum 22. Knoten, die Blattscheiden bis zum 34. Knoten.

Von den kleinen Sprossen erhielt ich zwei gesandt: a) ca. 40 cm hoch, Querdurchmesser etwa 15 mm. Im mittleren Teil stehen die Knoten sehr dicht. Auf das unterste Stück mit dem Sprossende folgt ein Stück von 14 Gliedern, welche zusammen 165 mm lang sind. Das letzte Stück von ungefähr 13—14 cm Länge enthielt von Blattscheiden eingehüllt eine Reihe jüngerer Glieder und den Vegetationspunkt.

Die Wurzeln ragen hinauf bis zum 6. Knoten; an den unteren sind reichlich Wurzeln vorhanden.

[1] Ein Ertrag von 62000 Kilogramm per bouw stellt auf gutem Boden auf Java eine gute Mittelernte dar. Ein bouw = 71 Ar.

b) Der Spross ist 29 cm hoch, hat im 3. Internodium eine Dicke von 12×11 mm, weiter aufwärts erreichen die Glieder eine Dicke von ca. 15 mm Querdurchmesser. Der allerunterste Teil, ca. 35 mm hoch, ist einseitig vernichtet, sodass eine Untersuchung dieser Stelle ausgeschlossen ist.

4. Glied 17 mm lang	6. Glied 13 mm lang
5. „ 17 „ „	7. „ mindestens 17 mm lg.

Das nächstfolgende Stück, welches auch den Vegetationspunkt enthält, schliesst sich vermutlich unmittelbar hieran, doch ist es nicht ganz sicher. Im ganzen sind mindestens 12 ausgebildete Glieder vorhanden. Die Wurzeln ragen bis zum 12. Knoten hinauf, doch sind sie an den oberen Knoten nur kurz und spärlich entwickelt.

12. Ein abgestorbener Spross mit Seitenspross. Der Hauptspross ist, soweit er vorhanden ist, 56 cm hoch, bei einem Querdurchmesser von 26 mm. 25 Knoten. Vegetationspunkt fehlt.

In dem vorhandenen obersten Internodium ist ein Bohrloch, das sich in den nächsthöheren Knoten fortsetzt, dann aber nicht weiter verfolgt werden kann, weil das übrige fehlt.

Vier Knoten abwärts von hier, also am 22. Knoten, steht der oben erwähnte kräftige Seitenspross mit Vegetationspunkt. Er steht ganz parallel zum Hauptspross, schliesst sich ihm eng an und hat nach abwärts einen mächtigen Strang Wurzeln getrieben. Die Existenz und Entwickelung dieses Sprosses deuten darauf hin, dass ihr die Vernichtung des Hauptsprosses vorangegangen ist. Ausser diesem Seitenspross findet sich noch eine ganze Reihe anderer Seitensprosse am Stock und zwar am 4., 6., 8., 12., 16., 18., 20. Knoten. Die Wurzeln reichen bis zum 23. Knoten, bedecken als dicken Filz den Stock und rühren teils aus dem Knoten des Stockes, teils aus denen der Seitensprosse her.

Unterstes Stück bis zum 4. Knoten	25	mm hoch
vom 4.—8. „	45	„ „
„ 8.—16. „	125	„ „
„ 16.—21. „	170	„ „
Länge des 21. Gliedes	55	„
„ „ 22. „	50	„
„ „ 23. „	45	„
„ „ 24. „	20—25	„

13. Ein Stock mit Steckling ohne Blattkrone 88 cm hoch. Querdurchmesser 28 mm.

Höhe bis zum	7.	Knoten	43	mm
Länge vom	7.—10.	„	50	„
„ „	10.—15.	„	170	„
„ „	15.—18.	„	140	„
„ „	18.—22.	„	140	„
„ „	22.—31.	„	200	„

Die Wurzeln reichen hinauf bis zum 28. Knoten, die Blattscheiden hinab bis zu demselben Knoten. Im unteren Teile ist das Wurzelsystem mächtig entwickelt. Hier sind auch mehrere Sprosse vorhanden.

14. Ein zu vorstehender Pflanze gehöriger Spross, ohne Blattkrone 54 cm hoch. Querdurchmesser 27 mm.

Länge bis zum	8.	Knoten	50	mm
„ vom	8.—14.	„	150	„
„ „	14.—19.	„	150	„
„ „	19.—27.	„	160	„

Wurzeln mächtig entwickelt, reichen bis zum 21. Knoten aufwärts, Blattscheiden abwärts bis zum 20. Knoten. 4 Seitensprosse.

Ausser diesem Spross noch 4 zu der Pflanze 13 gehörige Sprosse:

a) 44 cm hoch, Querdurchmesser 16 mm
b) 18 „ „ „ 9 „ , bis zum 4. Knoten 30 mm hoch
c) 15 „ „
d) 15 „ „

15. Ein Spross, 52 cm hoch, Querdurchmesser 25 mm.

Höhe bis zum	10.	Knoten	70	mm
Länge vom	10.—16.	„	110	„
„ des	9.	Gliedes	10	„
„ „	18.	„	12	„
„ „	20.	„	21	„

Wurzeln reichen bis zum 14. Knoten hinauf.

Zu dieser Pflanze gehören noch einige Sprosse.

a) Der ganze Spross ist 16 cm hoch.

Vom Sprossansatz	bis zum 4. Knoten	30 mm	hoch
vom	4.—9. „	60 „	„
„	9.—13. „	70 „	„

Am 4. Knoten beträgt die Grundfläche 10×11 mm, am 9. Knoten 14×16 mm. An jedem Knoten sind grosse Wurzeln vorhanden.

b) Der Spross ist 16 cm hoch, sehr jung, bis unten hinunter von Blattscheiden eingehüllt.

16. Ohne Blattkrone ist die Höhe der Pflanze 18 cm. Die fehlende Blattkrone soll ca. 60 cm hoch gewesen sein. Querdurchmesser 12—15 mm.

Vom Ansatz des Sprosses bis zum 6. Knoten:		35 mm
vom 6. „ „ 11.	„	35 „

Es sind mindestens 13 Glieder vorhanden.

Am untersten Stück, etwa am 3. Knoten entspringt ein Seitenspross, ebenfalls einer, und zwar von ziemlicher Grösse, am 7. Knoten. Etwa bis zum 7. Knoten reichlich Wurzeln vorhanden.

17. Stock ohne Blätterbusch, vom Steckling ab 41,5 cm hoch. Steckling vorhanden. Der Blätterbusch soll 80—120 cm hoch gewesen sein. Querdurchmesser des Stockes 20 mm.

Genauere Messung der Glieder fand nicht statt, es wurde nur ermittelt, dass

das 15. Glied	mindestens	8 mm	lang	ist
„ 30. „	„	12 „	„	„

Die Wurzeln reichen bis zum 32. Knoten aufwärts, die Blattscheiden bis zum 16. Knoten abwärts.

Zu dieser Pflanze gehören mehrere andere Sprosse:

a) 17 cm hoch, Querdurchmesser 9 mm

b) 20 „ „ „ 9 „

c) 2 mit einander zusammenhängende Sprosse, von denen der grössere 19 cm lang ist. Querdurchmesser 10:8 mm.

d) Nur das untere Stück eines Sprosses vorhanden, 17 cm lang. Querdurchmesser etwa 20 mm. 19 Knoten. Die unteren 10 Knoten stark mit Wurzeln besetzt.

2. Graben-Nähe.

Die Grabennähe wurde gewählt, weil hier die Pflanzen unter ganz anderen Bedingungen wachsen. Oft äussert sie sich dadurch, dass alle Pflanzen mehr oder weniger Sereh-Typus annehmen. Andererseits beobachtet man wohl auch, dass gerade hier die prächtigsten Exemplare auftreten; dann herrschten hier aber nach den Angaben von Herrn Dr. Benecke besondere Verhältnisse. Entweder waren neben dem Graben die Dungmittel aufgehäuft, oder die durch Herstellung des Grabens aus der Tiefe gewonnene Erde war besser als die Oberflächenschicht und wurde nicht gleichmässig verteilt, sondern verblieb auf dem Streifen Land neben dem Graben. Auch die Durchlüftung kann hier eine bessere sein u. s. w.

18. Stock mit Steckling, Höhe von Steckling an 32 cm. Blattkrone fehlt.

Mittlere Breite der Internodien 22—24 mm. 23 Knoten.

Vom Steckling bis 6.	Knoten	40 mm
vom 6.—8.	„	30 „
„ 8.—16.	„	120 „

Die Wurzeln reichen bis zum 19. Knoten hinauf, die Blattscheiden bis zum 21. Knoten hinab. Mehrere Knospen sind ausgetrieben.

Hierzu gehören 2 Sprosse:

a) 18 cm hoch, Querdurchmesser 8 mm
b) 15 „ „ „ 10 „

19. Stock mit Steckling, von letzterem ab ca. 14 cm hoch. Blattkrone fehlt. An einem der unteren Knoten eine Knospe ausgetrieben, der Spross ebenso hoch wie der Hauptspross. Von diesem Seitenspross entspringen wieder seitliche Sprosse. Alle Sprosse mit Blattscheiden umhüllt, durch welche an den Knoten Wurzeln hervorbrechen. (Näheres p. 111.)

Zu dieser Pflanze gehören noch 2 Sprosse:

a) 18 cm hoch. Etwa bis zur Hälfte aufwärts an den Knoten mit Wurzeln versehen. Vegetationspunkt vorhanden.

b) 37 cm hoch, Querdurchmesser ca. 22 mm.

Höhe bis zum 8. Knoten		90 mm.	Länge des	14.	Gliedes	15 mm
Länge v. 8.—15.	„	100 „	„ „	16.	„	12 „
„ des 7. Gliedes		40 „	„ „	17.	„	20 „
„ „ 8.	„ mind.	20 „	„ „	18.	„	25 „
„ „ 9.	„	17 „	„ „	19.	„	25 „
„ „ 10.	„	12 „	„ „	20.	„	25 „
„ „ 11.	„	10 „	„ „	21.	„	15 „
„ „ 12.	„	10 „	„ „	22.	„	13 „
„ „ 13.	„	10 „	„ „	23.	„	12 „

Die Knoten sind bis zum 18. aufwärts bewurzelt, Blattscheiden gehen bis zum 17. Knoten hinab.

Mehrere stark entwickelte Sprosse. — An mehreren Stellen Bohrlöcher.

2. Sendung aus dem Jahre 1892.

Diese Sendung enthielt vorwiegend serehkrankes Rohr, von normalem Rohr nur Unter-, Mittel- und Obersteckling eines Exemplares. Die serehkranken Stöcke sind augenscheinlich alle über der Erde abgeschnitten; es fehlen sämtliche Stecklinge, auch lässt kein Stock im unteren Teil den Ansatz am Steckling oder am Hauptspross erkennen. Ebenso fehlt bei allen Pflanzen die Blattkrone und der Vegetationspunkt.

A. Normales Rohr.

20. Von diesem Exemplar existieren Unter-, Mittel- und Obersteckling. Letzterer besteht aus 2 Teilen.

Untersteckling	190 mm	lang,	Querdurchmesser	35:37 mm	2 Knoten
Mittelsteckling	185 „	„	„	35:40 „	2 „
Obersteckling A	185 „	„	„	30:33 „	2 „
„ B	150 „	„	„	30:30 „	2 „

Beim Untersteckling sind das 1. und 3. Internodium nur teilweise vorhanden, da hier der Steckling abgeschnitten wurde. Das ganze Glied des Stecklings ist 125 mm lang, der Rest des zweiten 35 mm und das Stück des ersten 30 mm. Das mittlere Internodium hat einen Riss. Die Knospen sind geschwollen. An beiden Knoten sind reichlich Wurzeln vorhanden, die noch nicht länger als 1—2 cm sind; doch kommen an jedem Knoten auch einige längere vor, sogar bis zu einer Länge von 80 mm. Beim Mittel-

steckling sind aus demselben Grunde wie beim Untersteckling das erste und dritte Internodium nur teilweise vorhanden. Das unversehrte Glied ist 115 mm, das zweite Glied, soweit es vorhanden ist, 400 mm und der Rest des ersten Internodiums 30 mm lang. Die Augen sind geschwollen; Wurzeln kommen nicht vor. Beim untern Teil des Oberstecklings sind 2 ganze Glieder und ein Bruchstück eines Gliedes vorhanden: 82 mm, 78 mm, 25 mm. Das obere Stück beginnt mit einem Internodium, das 35 mm lang ist, besitzt ein ganzes Glied von 65 mm und ein Bruchstück eines Gliedes von 50 mm Länge. Die Knoten des unteren Stücks haben weder geschwollene Knospen, noch tragen sie Wurzeln. Die Knoten des oberen Stückes haben keine Wurzeln, aber Blattscheiden. Im untersten Knoten und ersten Internodium ist ein Bohrloch vorhanden.

B. Serehkrankes Rohr.

I. Gepflanzt am 16. Mai 1891, geschnitten am 20. April 1892.

21.	1. Glied	= 50	mm	7. Glied	= 18	mm
	2. „	= 50	„	8. „	= 15	„
	3. „	= 48	„	9. „	= 17	„
	4. „	= ?	„	10. „	= 16	„
	5. „	= 24	„	11. „	= 16	„
	6. „	= 16	„	12. „	= 16	„

Querdurchmesser 20 — 17 — 14 mm.

Wurzeln in wenig kräftiger Entwickelung bis oben hin. Die jüngsten Glieder mit den Blattscheiden überhaupt nicht vorhanden. Keine Knospe aufgebrochen.

22. Querdurchmesser: 16 mm.

1. Glied	= 20	mm	7. Glied	= 20	mm
2. „	= 15	„	8. „	= 18	„
3. „	= 15	„	9. „	= 16	„
4. „	= 18	„	10. „	= 20	„
5. „	= 18	„	11. „	= 18	„
6. „	= ?	„	es folgt ein Stück	45	„

das in Blattscheiden eingeschlossen ist. Die Blattscheiden reichen hinunter bis zum 9. Knoten. — Knospen ausgetrieben am 1., 3., 5., am meisten am 7. Knoten. — Wurzeln reichen hinauf bis zum 9. Knoten.

23. 2 Stücke à ca. 15 cm lang. Querdurchmesser: 16—14 mm.

3. Glied	= 11	mm	9. Glied	= 13	mm	
4. „	= 13	„	10. „	= 16	„	
5. „	= 12	„	11. „	= 15	„	mindest.
6. „	= 13	„	12. „	= 12	„	
7. „	= 10	„	13.—20. „	= 77	„	
8. „	= 12	„	Rest „	= 25	„	in Blattscheiden eingeschlossen.

7 Knospen ausgetrieben. Wurzeln treten auf am: 5., 12., 14., 16. Knoten.

24. 2 Stück à ca. 15 cm Länge. Querdurchmesser 20—23 mm.

1.—3. Glied	= 52	mm	9.—16. Glied	= 92	mm	
4.—7. „	= 80	„	Rest	= 40	„	eingeschlossen in Blattscheiden.

Reicher Wurzelfilz, reicht hinauf bis zum 15. Knoten. Am untersten Stück alle Knospen ausgetrieben.

25. 2 Stücke à ca. 15 cm Länge. Querdurchmesser 17—21 mm.

1.—3. Glied	= 38	mm	9.—10. Glied	= 30	mm
4.—7. „	= 60	„	12.—13. „	= 28	„

Rest = 45 mm, in Blattscheiden eingeschlossen.

Wurzeln reichen bis zum 10. Knoten hinauf. Knospen des unteren Stückes schwach ausgetrieben.

26. 2 Stücke à ca. 15 mm Länge. Querdurchmesser 16—18 mm.

1. Glied	= 34	mm	7. Glied	= 14	mm	
2. „	= 24	„	8. „	= 20	„	mindest.
3. „	= 19	„	9. „	= 24	„	
4. „	= 16	„	10. „	= 35	„	
5. „	= 12	„	11. „	= 31	„	
6. „	= 13	„	12. „	= 20	„	

Rest = 40 mm, schon in Blattscheiden.

Blattscheiden finden sich auch am 12. Knoten. — Wurzeln reichen hinauf bis zum 10. Knoten, sind aber nur wenig entwickelt. — Am 1. Stück sind 3 Knospen mehr oder weniger ausgetrieben.

27. 2 Stücke à ca. 17 cm Länge. Querdurchmesser 17 mm.

1.—4. Glied	= 57	mm		13. Glied	= 43	mm
6.—11. „	= 68	„		14. „	= 65	„
12. „	= 23	„	mindest.	15. „	= 50	„

Blattscheiden reichen bis zum 11. Knoten hinab. Wurzeln reichen aufwärts bis zum 10. Knoten.

28. 2 Stücke à ca. 17 cm Länge. Querdurchmesser 22, 20, 18 mm.

1. Glied	= 45	mm	7. Glied	= 19	mm
2. „	= 31	„	8. „	= 18	„
3. „	= 30	„	9. „	= 16	„
4. „	= 25	„	10. „	= 13	„
6. „	= 24	„	11. „	= 13	„

Rest = 70 mm, in Blattscheiden eingeschlossen.

Wurzeln reichen bis zum 13. Knoten.

29. 3 Stücke à ca. 17 cm Länge. Querdurchmesser 20, 16 mm.

1. Glied	= 35	mm	10. Glied	= 27	mm
2. „	= 38	„	11. „	= 25	„
3. „	= 38	„	12. „	= 23	„
4. „	= 40	„	13. „	= 22	„
6. „	= 44	„	14. „	= 20	„
7. „	= 40	„	15. „	= 16	„
8. „	= 35	„	Rest	= 30	„ ,

in Blattscheiden eingeschlossen.

Wurzeln reichen aufwärts bis zum 17. Knoten. Eine Reihe Knospen zu grossen Sprossen ausgewachsen. Verschiedene Bohrlöcher.

30. 2 Stücke à ca. 14 cm Länge. Querdurchmesser 19, 17 mm.

1. Glied	= 21	mm	8. Glied	= 13	mm
2. „	= 25	„	9. „	= ?	„
3. „	= 25	„	10. „	= 18	„
4. „	= 18	„	11. „	= 23	„
5. „	= 15	„	12. „	= 22	„
6. „	= 13	„	14. „	= 16	„
7. „	= 13	„	Rest	= 35	„ ,

in Blattscheiden eingeschlossen.

Wurzeln reichen hinauf bis zum 10. Knoten. Stellenweise

dichter Wurzelfilz. Knospen grösstenteils ausgetrieben, zum Teil grosse Sprosse.

31. 3 Stücke à ca. 18 cm Länge. Querdurchmesser 18, 16, 13 mm.

1. Glied	= 65	mm		9. Glied	= 18	mm	
2. „	= 75	„		10. „	= 18	„	
3. „	= 60	„		11. „	= 18	„	
4. „	= 45	„		12. „	= 16	„	
5. „	= ?	„		13. „	= 13	„	
6. „	= 18	„		14. „	= 13	„	
7. „	= 16	„		Rest	= 20	„ ,	
8. „	= 20	„		in Blattscheiden eingeschlossen.			

Diese reichen hinab bis zum 14. Knoten. Wurzeln reichen bis zum 13. Knoten hinauf. Stellenweise ein dicker Wurzelfilz. Die Knospen gröstenteils zu Sprossen ausgewachsen.

32. 2 Stücke à ca. 16 cm Länge. Querdurchmesser 25, 22, 20, 17 mm.

2. Glied = 30 mm; 3. Glied = 50 mm; 4. Glied = 53 mm.

Das zweite Stück enthält 6 Glieder die 125 mm lang sind, Rest 35 mm lang, in den Blattscheiden eingeschlossen. Das zweite Stück ist in einen dichten Wurzelfilz eingehüllt, hier sind die Knospen zu Sprossen ausgetrieben. An den Knoten des ersten Stückes kommen auch Wurzeln vor, aber nur in geringer Zahl.

33. 1 Stück, 17 cm lang.

Die ersten 5 Glieder = 135 mm, Rest = 35 mm, in den Blattscheiden eingeschlossen.

In den höheren Internodien bereits äusserlich wahrnehmbare Löcher.

2. Gepflanzt Ende Dezember 1891, geschnitten am 20. April 1892.

34. 3 Stücke à ca. 17 cm Länge, Querdurchmesser = 28—30 mm; 23—14 mm.

1.—5. Glied	= 32	mm	12. Glied	= 40	mm
7.—9. „	= 45	„	13. „	= 42	„
10. „	= 20	„	14. „	= 28	„
11. „	= 21	„	15. „	= 35	„

16. Glied = 30 mm		21. Glied = 23 mm	
18. „ = 27 „		22. „ = 20 „	
19. „ = 30 „		23. „ = 17 „	
20. „ = 24 „		24. „ = 13 „	

Blattscheiden gehen hinunter bis zum 23. Knoten. Knospen meistens ausgetrieben. Dicker Wurzelfilz bis zum 19. Knoten. Innerhalb desselben sitzen namentlich weiter unten noch reichlich Blattscheidenüberreste.

35. 3 Stücke à ca. 17 cm Länge. Querdurchmesser 27, 20, 15 mm.

1. Glied = 15 mm		12. Glied = 20 mm
2. „ = 20 „		13. „ = 19 „
3. „ = 19 „		15. „ = 18 „
4. „ = 31 „		16. „ = 17 „
5. „ = 32 „		17. „ = 15 „
6. „ = 40 „		18. „ = 14 „
7. „ = 33 „	mindest.	19. „ = 16 „
8. „ = 33 „		20. „ = 22 „
9. „ = 30 „		Rest = 75 „ ,
10. „ = 25 „		aber in Blattscheiden ein-
11. „ = 21 „		geschlossen.

Wurzeln reichen hinauf bis zum 21. Knoten, bei den obersten Knoten jedoch nur spärlich entwickelt. Knospen normal.

36. 3 Stücke à 19 cm Länge. Querdurchmesser 25, 22×25, 24, 14 mm.

1. Glied = 21 mm		12. Glied = 18 mm
2. „ = 20 „		13. „ = 17 „
3. „ = 18 „		14. „ = 18 „
4. „ = 30 „	mindest.	15. „ = 21 „
5. „ = 44 „		16. „ = 22 „
6. „ = 37 „		17. „ = 31 „
7. „ = 28 „		18. „ = 31 „
8. „ = 27 „		19. „ = 19 „
9. „ = 20 „		20. „ = 15 „
10. „ = 25 „		21. „ = 13 „
11. „ = 20 „		Rest = 55 „ ,
		in Blattscheiden eingeschlossen.

Wurzeln reichen hinauf bis zum 21. Knoten. In den oberen Knoten spärlicher, stellenweise dicker Wurzelfilz. Hier zwischen den Wurzeln noch Überreste von Blattscheiden. Knospen normal.

3. Gepflanzt am 12. September 1891, geschnitten am 19. April 1892.

37. Aus 4 Stücken (11, 15, 15, 17 cm.), Querdurchmesser 30, 27, 25, 21, 19, 18 mm.

1. Glied	=	18	mm	10. Glied	=	30	mm
2. „	=	27	„	11. „	=	25	„
3. „	=	32	„	12. „	=	30	„
5. „	=	45	„	14. „	=	28	„
6. „	=	40	„	16. „	=	17	„
7. „	=	35	„	18. „	=	11	„
9. „	=	30	„				

Wurzeln bis zum 18. Knoten, Blattscheiden bis zum 19. Ein Teil der Knospen zu Sprossen ausgetrieben. Im 13. Internodium ein grosses Loch.

An Stück	1	2	Knospen	ausgetrieben
„ „	2	0	„	„
„ „	3	3	„	„
„ „	4	2	„	„

38. 3 Stücke (13, 13,5, 15 cm.), Querdurchmesser 25, 28, 24. 22 mm.

1. Glied	=	20	mm	8. Glied	=	26	mm
2. „	=	22	„	9. „	=	25	„
3. „	=	28	„	11. „	=	25	„
4. „	=	31	„	12. „	=	21	„
6. „	=	35	„	13. „	=	22	„
7. „	=	25	„	Rest	=	63	„ ,

in Blattscheiden eingeschlossen.

Wurzeln reichen bis zum 11. Knoten, sind besonders zahlreich an den Knoten des ersten Stückes. Knospen nicht aufgebrochen.

39. 4 Stücke à 35 cm Länge. Querdurchmesser 26, 20, 24 mm.

1.—4. Glied	=	65	mm	10.—13. Glied	=	70	mm
6.—8. „	=	65	„	15.—18. „	=	55	„

Rest = 35 mm, in Blattscheiden eingeschlossen.

Wurzeln reichen bis zum 18. Knoten hinauf. Knospen ausgetrieben.

Am 1. Stück: 2 Knospen, am 2. Stück: 1 Knospe,
am 3. Stück: 1 Knospe.

40. 2 Stücke, zusammen 24 cm lang, Querdurchmesser: 24, 22, 20, 18 mm. 14 Knoten, von denen die unteren 7 sehr reich mit Wurzeln versehen sind.

II. Andere Zuckerrohr-Varietäten und -Arten aus Java.

Die nachstehend aufgeführten Varietäten und Arten des Zuckerrohres begleiteten die Sendungen aus dem Jahre 1892 und 1893 und stammten aus dem Varietätengarten der Versuchsstation „Midden-Java.“ Von den Exemplaren aus der Sendung von 1893 standen mir nur die halben Stöcke zur Verfügung, von denen aus der Sendung von 1892 nur der Ober-, Mittel- und Untersteckling, diese aber ganz.

Sendung von 1893.

Saccharum officinarum.

1. Teboe Ardjoeno (Nr. 7 des Varietätenverzeichnisses der Versuchsstation[1]) gepflanzt am 16.—18. Juli 1892, geschnitten am 18. Mai 1893.

Vorhanden sind, von unten nach oben gezählt, Glied 1—11
es fehlen „ 12—21
vorhanden „ 22—23
es fehlen „ 24—31
vorhanden „ 32—36.

Das Rohr macht den Eindruck von kräftigem Rohr.

2. Teboe Branche blanche (Nr. 33 des Varietätenverzeichnisses der Versuchsstation) gepflanzt am 16.—18. Juli 1892, geschnitten am 18. Mai 1893.

---

[1] Registers der in den Proeftuin te Semarang aanwezige Varieteiten, samengesteld door Emil Rietzschel. — Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java“ te Semarang. C. C. T. van Dorp & Co. Semarang 1890.

Vorhanden sind, von unten nach oben gezählt, Glied 1—8
es fehlen „ 9—19
vorhanden „ 20—22
es fehlen „ 23—25
Blütenstandsaxe vorhanden „ 26—33.

Der Blütenstand ist schon abgefallen.
Das Rohr macht einen kräftigen Eindruck.

3. Teboe Loethers (Nr. 32 des Varietätenverzeichnisses der Versuchsstation), gepflanzt am 16.—18. Juli 1892, geschnitten am 18. Mai 1893.

a) ein Exemplar, das geblüht hat. Die ganze Pflanzreihe zeigte äusserlich keine Sereh.

Vorhanden sind die Glieder 1—16
es fehlen „ „ 17—22
vorhanden „ „ 23—32.

Die Knoten 24, 25, 26, 27 tragen je einen Spross, die obersten Knoten noch Blattscheiden.

b) ein Exemplar ohne Blüten. Infolge abnorm schwerer Regen sind einige Knospen angeschwollen, einige andere aufgebrochen. Die Länge des Stockes beträgt 2,65 m, er schliesst den Vegetationspunkt ein, mehr als 27 Glieder vorhanden.

c) guter Stock, hat nicht geblüht, mit Spätsprossen.

Vorhanden sind die Glieder 1—17 (95 cm lang); es fehlt eine Reihe von Stücken, deren Gliederzahl nicht angegeben ist, mindestens wohl 10 Glieder. Vorhanden ferner der Rest, mehr als 12 Glieder (1,25 m lang); die auf Nr. 12 folgenden Glieder sind noch sehr jung und wurden deshalb nicht gezählt.

Saccharum spontaneum L., Teboe Glagah. (Nr. 36 des Varietätenverzeichnisses der Versuchsstation). Kommt auch wildwachsend auf Java vor. Gepflanzt 16.—18. Juli 1892, geschnitten 18. Mai 1893.

Saccharum species? Teboe Glonggong. (Nr. 37 des Varietätenverzeichnisses der Versuchsstation). Guter ganzer Stock gepflanzt am 16.—18. Juli 1892, geschnitten am 18. Mai 1893.

Sendung von 1892.

1. Teboe Soerat Njamplong (Nr. 28 des Varietätenverzeichnisses der Versuchsstation).
2. Teboe Gagak. (Nr. 104).
3. Teboe Maroe. (Nr. 20).

Sämtliche Stücke gehören kräftigen Pflanzen an.

Vielleicht ist dem Leser der Hinweis erwünscht, dass er farbige Abbildungen der Stockglieder von Teboe Cheribon, Ardjoeno, Branche blanche, Loethers, Glagah, Glonggong, Soerat Njamplong in dem Tafelwerk: Soltwedel-Benecke, Saccharum officinarum L. Berlin, Paul Parey, 1892 findet.

Ausser diesem Alkoholmaterial aus Guiana und Java habe ich für einen Teil meiner Untersuchungen frisches Material, das im Gewächshaus des Botanischen Gartens zu Braunschweig kultiviert wurde, benutzt. Ende 1892 legte ich eine grössere Reihe von Stecklingen, welche von dem im dortigen Gewächshaus wachsenden Rohr abstammten, aus, um die Pflanzen zu einer grösseren Zahl von Versuchen zu verwenden. Da das Wachstum in den Töpfen sehr langsam war, musste ich auf die Ausführung dieses Planes verzichten, doch verwertete ich einen Teil der Stecklinge zur mikroskopischen Untersuchung über ihr Verhalten in der Erde. Der Name der in Braunschweig kultivierten Zuckerrohr-Varietät ist mir unbekannt; möglicherweise gehört das Rohr nicht einmal zu Saccharum officinarum.[1]

Über die chemische und physikalische Natur der Verstopfungen und ihre Entstehungsweise.

A. Beobachtungen früherer Forscher.

Wirklich gründlich sind die Verstopfungen des Zuckerrohres nur von Valeton[2] untersucht worden. Allerdings hat sich zur

[1] Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle dem Direktor des Botanischen Gartens zu Braunschweig, Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. W. Blasius, und dem Herrn Garteninspektor Holmer dafür meinen Dank abzustatten, dass mir jener die Mittel des Gartens in liberaler Weise zur Verfügung stellte und dieser mich bei Ausführung der Kulturen thatkräftig unterstützte.

[2] Bijdrage tot de kennis der serehziekte. Proefstation Oost-Java. Batavia 1891. G. Kolff & Co.

gleichen Zeit auch Benecke[1] mit ihrem Studium beschäftigt, aber er hat seine Ergebnisse nicht veröffentlicht, da er im Wesentlichen zu denselben Resultaten wie Valeton gelangt war.

Nachstehend lasse ich aus Valetons Mitteilungen das Wichtigste in der Übersetzung folgen, um seine Resultate mit den Beobachtungen von Temme an Schutz- und Kernholz zu vergleichen. Aus diesem Vergleich geht eigentlich schon die Identität der Verstopfungen beim Zuckerrohr und im Kern- und Schutzholz der Laubbäume hervor.

„Untersucht man ein von der Krankheit ergriffenes Bündel, das sich mit dem blossen Auge schon durch seine hellrote Farbe verrät, dann findet man einen Teil der Siebröhren und der Geleitzellen des Bastteiles und alle oder einen Teil der Gefässe und Holzzellen des Holzteiles sowie den schizogenen Raum im ältesten Teil des Bündels mit einer festen, stark lichtbrechenden Masse gefüllt. Die dünnwandigen Elemente des Holzteils bleiben immer frei oder enthalten kleine Gummiteilchen und Farbstoffklümpchen, im Siebteil bleibt immer ein Teil der äussersten Elemente frei; der übrige Teil ist zu einem zusammenhängenden lichtbrechenden Klumpen gleichsam zusammengeschmolzen, oder es stechen einige Elemente mit dunklem körnigen Inhalt von den übrigen ab.

Dieses lichtbrechende Gummi kann vollkommen farblos sein oder variiert durch alle Farben von lichtgelb, bernsteinfarbig braun bis dunkelrot, schwarz und violett.

Es erfüllt die Gefässe ganz und zeigt dann eine Anzahl feiner Falten oder Risse oder bekleidet die Wände als eine dünne oder dicke Schicht; oft ist die Masse durch eine Spalte in der Mitte in zwei auf dem Querschnitt halbmondförmige Stücke geteilt.

Das Gummi ist unlöslich in Wasser, Alkohol, kalter Kalilauge. In letzterer quillt es blos etwas auf und nimmt oft eine hellgelbe Farbe an wie die Wände der Sclerenchymzellen.

Kochende Kalilauge und kochende Salpetersäure lösen einen Teil des Gummis auf, aber es bleibt immer noch ein ansehnlicher Rest übrig.

---

[1] Benecke, „Sereh", onderzoekingen en beschouwingen over oorzaken en middelen 5. Aflev. 1892. Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java" Semarang.

Konzentrierter Schwefelsäure widersteht es länger als die holzigen Zellwände.

Phlorogluein und Salzsäure geben zum grössten Teil eine hell violette Farbe, ein Teil bleibt immer ungefärbt, ein anderer wird gelb oder rötlich.

Jod und Chlorzinkjod färben gelb und braun, Haematoxylin blau, Nigrosin mehr oder weniger violett.

Alle Anilinfarbstoffe werden begierig gespeichert. Mit Methylenblau wird es teilweise blau, teilweise mehr violett, mit Hansteins Anilinviolett wird es mitunter violett, meist blau, während die Teile, welche bereits einige Gelbfärbung zeigten, dunkelrot werden.

Die starkgefärbten Teile speichern weniger begierig Farbstoffe auf und behalten auch gegenüber dem Holzreagenz ihre ursprüngliche Farbe.

Auf Längsschnitten beobachtet man, dass die Rotfärbung des Gummis örtlich ist und sich auf den Knoten beschränkt.

Auf einem Längsschnitt durch ein Gefäss erblickt man in dem Knoten das Gummi dunkelrot oder gelb gefärbt, und sowohl nach unten wie nach oben heller werdend, zuweilen sehr plötzlich und sogar ganz farblos werdend, es ist dann kaum lichtbrechend. Zugleich entsteht in der Mitte eine Spalte, welche immer breiter wird, so dass bald nur eine Wandbedeckung übrig bleibt, die endlich ganz aufhört. Nahe bei den Enden verschwindet die Holzreaktion und zugleich die Färbbarkeit für Nigrosin; das Methylenblau wird wohl noch aufgenommen, aber durch Alkohol direkt wieder ausgewaschen und die Färbbarkeit durch Jod wird sehr gering. Durch Kali schwillt dieser Teil stark an und löst sich beim Kochen auf.

Untersucht man die am meisten angegriffenen Stengelteile auf einer grossen Anzahl Längsschnitte, dann weist der Inhalt der Gefässe eine Anzahl Modifikationen auf. Meistens macht er den Eindruck einer zähen syrupartigen Masse von sehr ungleicher Zähigkeit und Flüssigkeit, welche während einer langsamen Bewegung durch die Gefässe allmählich fest und holzig wird.

Oft bildet er Arme wie das Plasma lebender Zellen, welche kleine und grosse Vakuolen einschliessen. Diese haben unregelmässige Form, oder es sind runde elliptische Blasen von ungefähr gleicher Grösse, welche in gleichen Abständen von einander im

Gummi liegen. Mitunter sind sie in grossen Massen vorhanden und geben dem Gummi ein schaumiges oder, wenn sie feiner sind, ein emulsionsartiges Aussehen, oder sie machen durch ihre Menge das Gummi ganz undurchscheinend.

Bei einer allgemein vorkommenden Modifikation ist das Gummi zu äusserst feinen Fäden ausgezogen, welche durch das ganze Gefäss hin ein feines Netzwerk bilden, dessen Fäden auch bei der stärksten Vergrösserung keine messbare Dicke zeigen. Dies Netzwerk färbt sich mit Methylenblau hellviolett, während es ungefärbt kaum sichtbar ist. Durch Behandlung mit Kali oder Salpetersäure tritt es oft schärfer hervor. An Längsschnitten sieht man es oft in homogenes Gummi übergehen.

Oft kommen in diesem Netzwerk sehr gleichmässig verbreitet kleine Körperchen (wahrscheinlich Gummipartikelchen) vor, welche in demselben Gefässgliede ungefähr von gleicher, in den verschiedenen Gliedern von sehr verschiedener Grösse sind, von kaum sichtbarer bis zu einer schon bei schwacher Vergrösserung wahrnehmbaren Grösse. Die grössten erscheinen als eckige unregelmässig geformte Körperchen, welche sich mit Jod dunkelbraun und mit Methylfuchsin ebenso wie das Netzwerk blauviolett färben, während sie sich weder durch Alkohol noch durch Kalilauge verändern. Die feinsten sind bloss als Pünktchen zu unterscheiden.

Auch im Gummi selbst, das dann aber nie holzig ist und mitunter schon in der Kälte von Kali bei längerer Einwirkung gelöst wird, kommen oft solche äusserst feine gleichmässig verteilte Pünktchen vor. Sie machen besonders dann den Eindruck von in Gummi verbreiteten Bakterien; doch war es mir nicht möglich eine gut umschriebene Form wahrzunehmen. Mehr noch machen den Eindruck von Mikrokokken solche Körnchen, wie sie in vielen gummifreien Gefässen an den Wänden und in den Tüpfelkanälen verbreitet sind; aber auch bei ihnen ist die Grösse ungleich.

Einschlüsse wirklich parasitischer Art fand ich nur zweimal. Es waren breite bräunliche Pilzfäden durch Querwände in ziemlich lange Glieder geteilt. Einmal fand ich sie nur sparsam in dem wurzeltragenden Gefässnetz eines der untersten Knoten, wo sie augenscheinlich aus einer Wurzel eingedrungen waren. Im anderen Falle füllten sie eine Anzahl Gefässe an einer Seite des Stockes über eine ziemlich grosse vertikale Strecke. Hier waren sie oft

durch eine Kruste von Gummi umgeben, aus dem sie durch Kalilauge frei gemacht wurden.

In den Siebröhren tritt der Gummiinhalt nur in zwei Modifikationen auf, nämlich als das oben beschriebene homogene lichtbrechende Gummi, das in geringerem oder grösseren Masse holzig ist, und von farblos bis dunkelrot wechselt, oder als eine dunkle aus Klümpchen und Körnchen zusammengebackte Masse, welche Säuren und Alkalien einen sehr grossen Widerstand entgegensetzt und erst nach Behandlung mit letzteren leicht Farbstoffe aufnimmt.

Nur selten kommen solche klumpig-körnige Massen in den Gefässen vor, dagegen oft in den grossen Holzzellen, welche in dem radialen Teil der von den Blättern kommenden Bündel die Spiralgefässe begleiten.

Im Siebteil geben die Wände der Siebröhren in derselben Weise wie der Gummiinhalt, die Holzreaktion. Im Holzteil hingegen markiert sowohl die Holzreaktion als auch die Behandlung mit Farbstoffen die Grenze zwischen Wand und Inhalt deutlicher. Bei Anwendung des Holzreagens wird nämlich meistens die Wand höchstens gelbrot. Haematoxylin färbt die Gefässwand gelb, den Inhalt blau. Und auch die anderen Farbstoffe verleihen Wand und Inhalt einen deutlich verschiedenen Farbenton. Der scharfe Kontrast zwischen Wand und Inhalt zeigt sich auch auf dünnen Längsschnitten, wo das Gummi sich wie ein zusammenhängender Klumpen von der Wand loslöst und die Eindrücke der Wandkonturen behält.

Die Wände der mit Gummi erfüllten Gefässe, wie schon erwähnt ist, als auch das Gummi selbst sind in mehr oder minderem Masse mit einem dunkelroten Farbstoff imprägniert, der sich sehr wenig mit Alkohol, ziemlich vollständig mit Kalilauge ausziehen lässt. Doch werden die Wände, zumal die der Siebröhren nicht ganz entfärbt. Oft kommen auch Gefässbündel vor, die sehr stark rot gefärbt sind, ohne Gummi weder in den Gefässen noch in den Siebröhren.

Unten im Stock findet man stets Gefässbündel, deren Gefässwände und Gummi mit einem schwarzen (violetten) in Kali mit dunkelroter Farbe löslichen Farbstoff durchdrungen sind, so dass die Gefässbündel auf dem Querschnitt wie ein einziger schwarzer Klumpen aussehen.

Hier und da kommen auch im Parenchym Partien vor, wo

Gummibildung stattgefunden hat. Die Wände sind dann rot oder gelb gefärbt und die Intercellularräume mit dicken von der Wand ausgehenden Gummitropfen, welche die Holzreaktion geben, oder mit einem körnigen Stoff erfüllt. (p. 16.)

(p. 29). Da bisher das erste Auftreten der Serehkrankheit noch nicht wahrgenommen wurde, muss man, um die Entstehung des Gummis zu untersuchen, von künstlichen Verwundungen Gebrauch machen.

Schneidet man in der Mitte eines Gliedes einer kräftigen jungen Pflanze ein, und untersucht man diesen Teil 24—36 Stunden später, dann findet man eben über und unter der Wunde in allen durch den Schnitt getroffenen Gefässen und Intercellularräumen bei den Spiralgefässen einen farblosen Schleim, der sich mit Safranin teils orange, teils rot färbt.

An der noch ungefärbten Wundfläche findet man eine Anzahl verschiedener — je nachdem das Wetter nasser oder trockner ist — Bakterien von allerlei Art in den Parenchymzellen und Gefässen, bei Regenwetter auch Rotatorien, die ziemlich tief in die Gefässe eindringen können. Zwischen den Parenchymzellen sind die Intercellularräume hier und da mit einem farblosen aber schon einigermassen glänzenden Gummi gefüllt.

Die Bakterien kann man in einigen Gefässen bis an den nächstgelegenen Knoten verfolgen; in den meisten verschwinden sie eher, sie sind oft in einen farblosen Schleim gehüllt und werden dann erst gut sichtbar durch Zufügung von Safranin oder Chlorzinkjod, wodurch sie sich als gelbe oder braune Pünktchen, in einem so gut wie farblosen Schleim zeigen.

Der bakterienfreie Schleim (das in Entstehung begriffene Gummi) zeigt sich in zwei Arten, teils als eine einigermassen wolkige Masse, welche nicht fest gegen die Wände schliesst und zuweilen auf dem Querschnitt netzförmige Figuren zu bilden scheint, teils als eine dünne Schicht, welche die Gefässwand inwendig bekleidet.

In geringerem Abstand von der Wunde vermindert sich der Gefässinhalt, nimmt aber im Knoten wieder sehr stark zu, um oberhalb desselben plötzlich aufzuhören.

Solange das Gummi noch als eine sehr dünne Schicht die Wand bekleidet, wird es durch Chlorzinkjod und alkoholische Methylenblaulösung nicht gefärbt. Haematoxylin färbt es von Anfang

an blau, und das Gummi hebt sich dadurch scharf von der gelbgefärbten Wand ab. Je nachdem die Schicht dicker wird, färbt es sich mit Chlorzinkjod gelb bis braun. In Kalilauge ist es sofort schon kalt, später auch beim Kochen noch auflösbar; man sieht es dann unter Faltenbildung aufschwellen.

Auf Längsschnitten sieht man die Schicht immer dicker werden, wenn es über die Überreste der Gefässquerwände hingeht.

Es war mir nicht möglich festzustellen, ob das Gummi in die Tüpfelkanäle eindringt, wohl sieht man einigemale eine der begleitenden Netzzellen auch ganz mit Gummi gefüllt und durch die Wand mit dem Gefässinhalt kommunizieren.

In einigen Gefässen sieht man den wolkigen mitunter netzförmigen mehr schleimigen deutlich strömenden Inhalt, der anfänglich durch Chlorzinkjod nicht gefärbt wird, und die dickere, stärker lichtbrechende Wandbekleidung bald scharf geschieden, bald in einander übergehend. Auch kann der Inhalt der mit Gummi bekleideten Wände mit Bakterienschleim erfüllt sein, oder Bakterien liegen den mit Schleim überzogenen Wänden an.

Einige Tage später findet man das Gewebe um die Wundfläche herum ungefähr einen Millimeter tief braun gefärbt.

Der Gummiinhalt ist in grösserer Menge vorhanden und nimmt bei Behandlung mit Phloroglucin und Salzsäure eine einigermassen gelbrote Färbung an, während die Gefässwände violettrot werden.

An dem Knoten ist wiederum deutlich zweierlei Inhalt in den Gefässen zu sehen, nämlich der stark lichtbrechende homogene, welcher die Wände bekleidet oder auch das Gefäss ganz ausfüllt und der trübe wolkige, zuweilen Bakterien enthaltende, mitunter netzförmige Inhalt. Der letztere wird mit Methylenblau violett, der erstere blau.

Bei einer fünf Tage alten Wunde ist das Gummi in vielen Gefässen dicht bei der Wunde und wiederum in dem nächst oberen Knoten rot gefärbt; dazwischen wird es farblos und nimmt ab bis auf eine dünne Wandbekleidung. Im obersten Teil des Knotens hört sie auf.

Die Färbung mit Phloroglucin ist dicht bei der Wunde intensiver rotgelb. In vielen Siebröhren zeigt das Gummi schon die Holzreaktion.

Bei einer bis zu drei Wochen alten Wunde ist die Farbe der

Wundfläche dunkelbraun geworden und erstreckt sich bis tief in das Innere hinein. In der Nähe der Wundfläche sind die Wände der Zellen und Gefässe der Gefässbündel dunkelbraun und mit braunen und schwarzen Klumpen bedeckt. Durch Kalilauge werden diese nicht entfärbt, und sie sind nur einigermassen glänzend.

Sehr dicht über der Wunde zeigt das Gummi nun deutlich die Holzreaktion in beinahe allen Gefässen und Siebröhren und ist ohne Reagentien meistens einigermassen gelblich oder rot; mit Salpetersäure wird es ebenso wie die Wände hellgelb gefärbt.

In einem Abstand von 1 ½ cm ist die Anzahl der Gefässe, deren Inhalt die Holzreaktion annimmt, sehr vermindert.

Das Gummi zeigt sich wieder als farblose Wandbekleidung oder als dicker trüber Inhalt, worin mitunter Bakterien sind, oder als ein Gemisch beider.

Zahlreiche Gefässbündel zeigen bis hierher noch Rotfärbung der Wände, welche jetzt wieder geringer wird; im Knoten beginnt sie wieder (ebenso wie das holzartige Gummi) und hört dann wieder auf. Einige Gefässbündel laufen bis an den Knoten dunkelrot durch, diese enthalten meistens Pilzfäden.

Der Prozess der Wundgummibildung ist also in kurzem der folgende: Die Wände der durch die Wunde getroffenen Gefässe werden glänzend und scheiden einen farblosen Stoff ab, der die Wände bekleidet, selten aber das ganze Gefäss erfüllt. Dieser Stoff ist anfänglich durch Jod nicht färbbar und auflösbar durch Kalilauge oder schwillt in dieser stark auf; er wird rasch fester, lichtbrechender, schwach gelblich, unauflösbar in Kali und nimmt mit Phloroglucin und Salzsäure erst eine rotgelbe, später eine violette Farbe an. Dieser Stoff häuft sich in der Nähe der Wunde und im untersten Teil des oberhalb derselben befindlichen Knotens an. Die meisten Siebröhren füllen sich in der Nähe der Wundfläche mit demselben Stoff, der hier früher als in den Holzgefässen die Holzreaktion zeigt. Zugleich füllen sich einige Gefässe mit einem mehr flüssigen trüben Stoff, der sich hier und da mit erstgenanntem mengt.

Von der Nähe der Wundfläche ausgehend, nimmt das Gummi zuerst eine rote Farbe an, es färben sich auch die Wände rotbraun und braun, darauf wird das Gummi ebenso wie der Inhalt aller durch die Wunde getroffenen Gefässbündelelemente in eine braune

humusartige Masse umgewandelt. Von Anfang an sind Bakterien, ferner Pilzfäden in die verletzten Gefässe eingedrungen, welche nur in einzelnen Gefässen bis zum Knoten vordringen. Ober- und unterhalb des zunächst gelegenen Knotens breitet sich der Einfluss der Verwundung auf das Gewebe nicht aus.“

Temme[1] begann seine Untersuchungen mit einem Studium der in Schutzholz auftretenden Verstopfungen bei Prunus avium, indem er an jungen Bäumen Flachwunden anbrachte und das entstehende Schutzholz von Zeit zu Zeit prüfte. Dann hat er die Identität dieser Verstopfungen mit denen im Kernholz erwiesen.

„Nach 8—10 Tagen nimmt das Holz, im normalen Zustande von grünlichweisser Farbe, an den Wundstellen eine mehr gelbliche bis rötliche Färbung an. Ein Querschnitt durch dasselbe zeigt erstens, dass die Membranen der Holzzellen und Gefässe hier eine sehr blassrötliche Farbe angenommen haben, aber so schwach, dass nur auf dickeren Querschnitten und besonders im auffallenden Lichte auf der Holzmasse das Kolorit hervortritt. Zweitens und hauptsächlich aber rührt die Veränderung von einer sehr intensiven Färbung der Markstrahlen her. Letztere haben hier eine braune Inhaltsmasse in Form meist zahlreicher, verschieden grosser, aber im allgemeinen sehr kleiner brauner Körnchen, welche vorwiegend an der Zellwand sitzen oder die Stärkekörner umgeben; an stark gebräunten Zellen sind wohl auch die Stärkekörner selbst zum Teil in diese braune Substanz verwandelt, indem sie einen Saum von solcher erkennen lassen, welcher von Jod nicht mehr violett gefärbt wird, oder sie sind auch gänzlich verschwunden und durch die braune Substanz ersetzt. Letztere erweist sich nach den unten zu beschreibenden Reaktionen als Gummi, welches hier also als Neubildung im Zellinhalte und zum Teil als Umwandlung der Stärkekörner entsteht. Im Laufe der Zeit nimmt die Verfärbung der Markstrahlen immer mehr zu und man bemerkt nach 4—5 Wochen, dass dieselbe nun auch auf das dazwischenliegende Gewebe übergegangen ist, indem es hier und da und zwar hauptsächlich in der Nähe der Markstrahlen einzelne dunkle Punkte erkennen lässt. Bei näherer Untersuchung erweisen sich diese als die ersten Anfänge

[1] Über Schutz- und Kernholz, seine Bildung und seine physiologische Bedeutung. — Landw. Jahrbücher XIV, 1885.

der Gummibildung in den Gefässen und Holzzellen. Sie erscheinen als mehr oder weniger gelbliche, mitunter auch farblose, scharf umschriebene, kugelige, flache oder elliptische Tröpfchen, die in das Zelllumen ragen und in grösseren oder kleineren Zwischenräumen der dabei vollständig intakten Gefässwand aufsitzen. Mit zunehmender Grösse färben sie sich meist dunkler, wodurch auch das Holz dunkler erscheint, fliessen zusammen und verstopfen bei fortschreitendem Wachstum schliesslich das ganze Gefäss. Mitunter löst sich der aus den zusammengeflossenen Gummitröpfchen entstehende Wandbelag stellenweise von der Membran ab und erfüllt dann in Form eines geschlängelten Bandes das Lumen. Die Gummisekretion beginnt an verschiedenen Stellen zugleich und an diesen in der Regel mit verschieden grosser Energie, und zwar treten diese Verhältnisse sowohl auf der ganzen Wundfläche wie in den einzelnen Gefässen zu Tage. Auf dem Längsschnitt kann man öfter beobachten, wie an verschiedenen Stellen Cerasinabsonderungen die Gefässwände zu überbrücken suchen, während an anderen ihnen dies bereits gelungen ist, wodurch ein System von Gummipfropfen und Luftblasen entstanden ist, das sich treffend mit einer Jaminschen Kette vergleichen lässt." Die Untersuchung der anderen bereits erwähnten Hölzer lieferte dasselbe Resultat, „nur sind die die Gefässlumina ausstopfenden Sekretionen nicht immer wie bei den Amygdalaceen einfache, homogene klare Tropfen, sondern oft aus vielen kleinen Tropfen oder Körnchen zusammengesetzte Aggregate, die infolgedessen weniger hell, sondern mehr trübe, grau oder schwärzlich erscheinen. Dass wir es hier überall in der That mit ein und demselben Körper und zwar mit Gummi zu thun haben, geht aus den nachfolgenden Reaktionen hervor, welche in allen untersuchten Fällen mit denjenigen des Gummi unserer Steinobstgehölze übereinstimmten. Diese Körper sind unlöslich in kaltem wie in heissem Wasser. Infolge ihrer geringen Imbibitionsfähigkeit verlieren sie auch selbst durch Kochen im Wasser nichts von ihrer ursprünglichen Konsistenz. Das Gummi erscheint dann zwar etwas heller, im übrigen aber unverändert. Es widersteht ferner den Lösungsmitteln Kalilauge, Alkohol, Äther, Schwefelsäure, und bei gewöhnlicher Temperatur Salpetersäure, Königswasser; durch letztere drei, namentlich durch Schwefelsäure, wird es nur stark gebräunt. Dagegen geht es, wie überhaupt jedes Gummi beim Behandeln mit Salpetersäure in der Wärme in

Lösung über, wobei es Oxalsäure und Schleimsäure liefert. Mit ligninhaltiger Cellulose hat es die Eigenschaft gemein, aus einer Fuchsinlösung den Farbstoff aufzuspeichern, sowie mit Phloroglucin und Salzsäure bei genügend langer Einwirkung intensiv rote Färbung anzunehmen. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass einzelne Ausfüllungen in beiden Fällen oftmals die Annahme der Färbung hartnäckig verweigern, selbst dann, wenn man die Schnitte längere Zeit in den Reagentien liegen lässt. Womit dies zusammenhängt, habe ich nicht näher ermitteln können; möglich ist, dass das verschiedene Alter der Gummiausfüllungen hierbei von Einfluss ist. Eine interessante und überall übereinstimmende Reaktion besteht darin, dass, wenn man genügend dünne Schnitte etwa eine Viertelstunde lang mit verdünnter Salzsäure und chlorsaurem Kali digeriert hat, das Gummi in den Gefässen und Holzzellen zwar noch nicht aufgelöst, aber in einen Zustand übergeführt ist, der in Wasser, Äther unlöslich, aber in Weingeist sehr leicht löslich ist. Dabei erscheint dieser neue Körper in Bezug auf Konsistenz und Form von dem ursprünglichen gar nicht verschieden; nur seine Farbe hat etwas an Intensität verloren und die Chlorwasserstoff-Phloroglucin-Reaktion tritt nicht mehr bei ihm ein. Fügt man tropfenweise Alkohol hinzu, so sieht man ihn unter Schaumigwerden verschwinden. Setzt man aber das Digerieren mit Salzsäure und chlorsaurem Kali längere Zeit, etwa eine halbe Stunde lang fort, so lösst er sich dabei auf. Das Gummi wird also bei dieser Behandlung zunächst in einen seiner Reaktionen nach an die Harze erinnernden neuen Körper übergeführt, dessen chemische Konstitution aber wegen der Schwierigkeiten, die sich der Gewinnung einer grösseren Menge desselben in reinem Zustande entgegensetzen, sich bis jetzt noch nicht hat feststellen lassen. Jedenfalls handelt es sich um ein Oxydationsprodukt von Gummi."

Vergleicht man die Angaben Valetons mit denen Temmes, so kann eigentlich kein Zweifel obwalten, dass die Verstopfungen des Zuckerrohres identisch sind mit denen des Schutz-, Splint- und Kernholzes. Zur grösseren Sicherheit habe ich die Verstopfungen des Zuckerrohres in dem mir zur Verfügung stehenden Rohre noch eingehend untersucht, um die Identität desselben mit denen, welche normaler und pathologischerweise bei unseren Laubbäumen auftreten, nachzuweisen.

B. Eigene Beobachtungen.

Meine Untersuchungen knüpfen zunächst bei den Verstopfungen der Intercellularen im Grundgewebe des Zuckerrohres an, denn mein Material gestattete mir am besten, den Verstopfungsprozess bei ihnen näher zu verfolgen. Da er bisher eingehender erst für die Gefässe mitgeteilt wurde, erscheint es mir auch aus rein äusserlichen Gründen praktisch und richtig, diese Beobachtungen hier folgen zu lassen. Später habe ich dann die Identität dieser Verstopfungen einerseits mit denen unserer Laubbäume, andererseits mit denen der Gefässbündel des Rohres nachgewiesen. Ich habe mich damit begnügen müssen, aus einer Kombination verschiedener Entwicklungsstadien, wie ich sie vorfand, den Entwicklungsgang abzuleiten: die Entstehungsgeschichte auf Grund angebrachter Verwundungen zu verfolgen, war für mich ausgeschlossen.

Die Bildung der Verstopfungen beginnt mit dem Auftreten kleiner Tropfen auf der Aussenseite der die Intercellularen begrenzenden Wände. Anfänglich haben die Tropfen meistens die Gestalt einer Kugel. Mit ihrer Vergrösserung ändert sich die Gestalt, indem sie birnförmig oder ganz unregelmässig wird. Bei kleinen etwa dreieckigen Intercellularen wird die gegenüberliegende Wand von dem Tropfen bald erreicht, so dass er zwischen zwei Wänden eingeklemmt erscheint (Fig. 2). In diesen kleinen Intercellularen pflegt in der Regel auf dem Querschnitt nur ein Tröpfchen aufzutreten. Auf dem Längsschnitt, der für die Beobachtungen empfehlenswerter ist, sieht man, dass die Tröpfchen in Zwischenräumen auf der ganzen Länge der Wand stehen, aber auf allen den Intercellularraum begrenzenden Wänden auftreten. Bei zunehmender Vergrösserung berühren sich die Tropfen, fliessen zusammen und erfüllen dann den Intercellularraum als zusammenhängende homogene Masse. Da die Verstopfungen aus dem Zellinnern stammen, müssen sie in einem Aggregatzustande entstehen, welcher ein Durchtreten durch die Zellwand gestattet. Dass unter dem im Zellinnern herrschenden Druck Gummi durch die Membran hindurch gepresst werden kann, überrascht nicht mehr, seitdem es Pfeffer[1] gelungen ist, Oel durch die Zellwand in lebende Proto-

[1] Über Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper. Abhandl. d. K. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaft. mathem.-phys. Cl. XVI. Bd., p. 180. 1890.

plaste hineinzuschaffen. Der Zustand, in welchem das Gummi durch die Zellwand tritt, muss flüssig oder zähflüssig sein. Erst im Intercellularraum geht die Änderung des Aggregatzustandes vor sich. Im fertigen Zustande sind die Verstopfungsmassen fest und spröde. Von einem Erhärten, das durch Wasserverlust herbeigeführt wird, kann nicht die Rede sein, denn dann könnten die Verstopfungen im ausgebildeten Zustande keinen Verschluss bilden, weil sie beim Austrocknen ihr Volumen erheblich verkleinern müssten. Die Änderung im Aggregatzustand ist nicht physikalisch zu erklären, darauf weist auch schon das ungleiche Verhalten der Verstopfungen gegen Reagentien in verschiedenen Entwicklungsstadien hin. Es ist nur chemisch zu erklären. Bedingung ist, dass das Volumen der Verstopfungen das ursprüngliche bleibt; das ist nur möglich, wenn zwischen die festen Teilchen der ursprünglichen Masse an Stelle der Wasserteilchen andere Teilchen und zwar feste treten.

Es würde das auf eine Infiltration der ursprünglichen Masse mit anderen Stoffen hinauslaufen, woraus sich ganz gut die veränderten chemischen Eigenschaften der Verstopfungen erklären würden. Denkbar wäre natürlich auch eine mit Volumenvergrösserung verbundene chemische Umwandlung der ursprünglichen Masse. Eine Entscheidung zwischen beiden Möglichkeiten ist leider nicht zu treffen, wo noch alle chemischen Vorgänge, welche sich hier abspielen, unbekannt sind.

Die chemischen Veränderungen, welche die Verstopfungen erleiden, geben sich schon äusserlich in der Färbung zu erkennen. Die eben ausgeschiedenen Tropfen sind farblos, die die Intercellularen dicht erfüllenden Massen sind gefärbt. Die Farbe wechselt von hellgelb bis dunkelbraun, wie aus den Abbildungen ersichtlich.

Die farblosen Tropfen sind löslich in Natronlauge, die gefärbten Massen unlöslich. Sind sie nur schwach gefärbt, so quellen sie, bei stärkerer Färbung verändern sie sich nicht. Die gelb gefärbten und ungefärbten Massen speichern Anilinfarbstoffe. Mit Phlorogluein und Salzsäure nehmen die gelb gefärbten Verstopfungen die für Verholzung charakteristische Rotfärbung an, während sie bei den ungefärbten Verstopfungen ausbleibt. Bei der dunklen Färbung ist die Ausführung der Reaktion unmöglich. Gegen Schwefelsäure sind die gefärbten Verstopfungen widerstandsfähig, während die ungefärbten leicht von ihr gelöst werden. Das Verhalten der

Verstopfungen deutet darauf hin, dass die ungefärbten Verstopfungen eine Art Verkorkung erleiden. Auch das Verhalten der Verstopfungen gegen Osmiumsäure und Alkannin spricht hierfür. Erwärmen mit Osmiumsäure färbt die Verstopfungen braun bis schwarz, Erwärmen mit Alkannin in 50 % Alkohol bewirkt eine Rotfärbung der Verstopfungen. Die Intensität der Färbung ist aber sehr ungleich bei den verschiedenen Ausscheidungen. Die ungefärbten Tropfen färben sich ganz schwach rot, die gefärbten Tropfen je nach der Intensität ihrer Färbung verschieden stark, schönrot bis dunkelrot, fast schwarz. Nach Zimmermann soll dies Verhalten gegen Osmiumsäure und Alkannin auf Verkorkung hindeuten.[1]

Bei der Bildung der Verstopfungen der Intercellularräume bleiben die Membranen intakt, da die Gummimassen nicht aus der Membran hervorgehen. Löst man die ungefärbten Tropfen durch Natronlauge weg, so ist an der Membran nichts zu beobachten, was die frühere Anwesenheit der Tropfen verriete. Dahingegen erleidet die Membran dieselben Veränderungen, wie die Verstopfungen, sie verhält sich dann gegen die erwähnten chemischen Reagentien wie die Verstopfungen. Auch giebt sich die chemische Veränderung der Membran meistens schon durch die veränderte Färbung derselben zu erkennen. Durch die chemischen Veränderungen werden die Verstopfungen wie die Membranen gegen die meisten Reagentien widerstandsfähig. Vermutlich sind sie auch gegen die Ausscheidungsprodukte schädlicher Parasiten oder Saprophyten widerstandsfähig. Bestehen die chemischen Veränderungen in einer Verkorkung, so würden die Verstopfungen und die Membranen auch einen Schutz gegen eindringende Luft und Feuchtigkeit gewähren. In dem Auftreten der Verstopfungen würden wir einen Ersatz für Kork bei anderen Pflanzen besitzen. Nun mögen diese Verstopfungen vielleicht den Einwirkungen der Atmosphärilien unterliegen und dadurch auf die Dauer keinen absoluten Schutz gegen diese und das Eindringen von Fremdkörpern gewähren, immerhin werden sie eine ganz erhebliche Zeit einen Widerstand bieten können, was für das Zuckerrohr mit der beschränkten Lebensdauer der Stöcke vollkommen ausreichen dürfte. Das hier Gesagte gilt natürlich für die Verstopfungen im allgemeinen, also auch für die der Gefässbündel.

[1] Mikrochemische Reaktionen von Kork und Cuticula — Zeitschrift f. wiss. Mikroskopie, Bd. IX, 1892, p. 58. Ref. Botanisches Centralblatt LII, p. 84.

Es wäre mir natürlich erwünscht gewesen, die Entwicklung der Verstopfungen in den Gefässbündeln des Zuckerrohres aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Bei dem reichen mir zur Verfügung stehenden Material, unter dem sich Pflanzen sehr verschiedenen Alters befanden, glaubte ich mit Leichtigkeit die Entwicklung der Verstopfungen verfolgen zu können. Leider bin ich in meinen Erwartungen bitter enttäuscht worden. Etwa an einem Exemplar die ganze Entwicklungsgeschichte zu studieren, war unmöglich weil meistens die jungen Entwicklungstadien fehlten. Aus einer Kombination verschiedener Entwicklungsstadien bei verschiedenen Exemplaren ist es mir schliesslich gelungen, ein Bild dieses Entwicklungsganges in den Gefässen zu erhalten. Er ist der nämliche, wie bei den Verstopfungen der Intercellularen, er stimmt überein mit dem von Valeton für die Verstopfungen der Zuckerrohrgefässbündel beschriebenen und mit dem Entwicklungsgang der Verstopfungen in Temmes Schutzholz.

Die ersten Entwicklungsstadien der Verstopfungen in den Gefässen sind die nämlichen wie bei den Intercellularverstopfungen. Auf den Wänden treten kleine farblose Tropfen auf. Eine Beziehung derselben zu den Tüpfeln der Gefässe ist nicht wahrzunehmen. Eine Beteiligung der Membran bei der Bildung hat hier ebensowenig statt wie bei den Intercellularen; lässt man die ungefärbten Tropfen weg, so erscheint die Gefässwand vollständig unverändert. Gesundes Rohr aus Guiana (Fig. 8a u. b) und serehkrankes Rohr aus Java (Fig. 9) verhielten sich ganz gleich. Fig. 8a u. b sind Gefässquerschnitte aus dem untersten Knoten des gesunden Rohres aus Guiana, Fig. 9 stammt von demselben Exemplar wie Fig. 1—4. Zu Fig. 8a ist zu bemerken, dass die Gestalt der Gefässe eine von der normalen abweichende ist. Auch für eine grosse Zahl anderer Gefässe desselben Knotens trifft das zu. Wie sich diese Gestaltsänderung erklärt, ist natürlich aus dem ausgewachsenen Material nicht zu ermitteln. Sie muss beim Zuckerrohr häufiger vorkommen, denn auch Janse[1] erwähnt sie und bringt sie in Zusammenhang mit der Serehkrankheit. Von einem solchen Zusammenhange kann gar nicht die Rede sein, wie das erwähnte

[1] J. M. Janse, Proeve eener verklaring van sereh-verschijnselen. Mededeelingen iut 's Lands Plantentuin VIII, 1891, p. 20.

Beispiel zeigt. Auch tritt die Gestaltsänderung durchaus nicht in jedem Verstopfungen führenden Bündel auf; bei den serehkranken Pflanzen habe ich die Erscheinung gar nicht oder nur ausnahmsweise beobachtet. Natürlich ist die Veränderung des Gefässquerschnittes auf Wachstumsstörungen zurückzuführen, deren Ursache nicht mehr zu ermitteln ist.

Im ausgebildeten Zustande erfüllt die Verstopfungsmasse die Gefässglieder gleichmässig oder bildet in unregelmässigen Zwischenräumen Brücken in denselben. Zuweilen ist sie scheinbar in der Mitte zusammengezogen, (auf Längsschnitten gesehen), d. h. von den Seitenwänden des Gefässes losgelöst. Im allgemeinen aber erscheinen die Gefässglieder wie ausgegossen mit der Verstopfungsmasse gleich wie eine mit Metall erfüllte Form. Lässt man zu Längsschnitten Schwefelsäure hinzutreten, so werden die Gefässwände zerstört, während die unveränderte Verstopfungsmasse einen negativen Abdruck des Gefässes darstellt, welcher besonders elegant an der Stelle der Tüpfel ist, in welche die Masse hineingeflossen ist.

Wie bereits aus Fig. 7 ersichtlich, und wie es aus Übereinstimmung mit den Verstopfungen der Intercellularen zu erwarten ist, ist die Farbe der Gefässverstopfungen eine sehr verschiedene. Anfänglich sind die Tropfen farblos, allmählich tritt eine Verfärbung ein. Zunächst werden die Verstopfungen gelb, indem alle Nuancen von hell bis dunkel durchlaufen werden, dann braun, rot bis dunkelrot, das in dickeren Massen wie schwarz erscheint. Durchschnitten sind die Massen homogen, selten körnig.

Da bisher das Zuckerrohr die einzige Pflanze ist, bei der unsere Verstopfungen auch im Siebteil beobachtet werden, so hätte ich gerne die Entstehung derselben in ihm verfolgt. Muss der Verstopfungsmodus im Prinzip auch der nämliche sein wie in den Gefässen und den Intercellularen, so tritt im Siebteil doch insofern eine Komplikation auf, als hier lauter lebende Elemente zu verstopfen sind.

Ob die Verstopfung der Siebteile derjenigen der Gefässteile vorausgeht, oder umgekehrt, oder ob die Verstopfungen in beiden gleichzeitig beginnen, konnte ich an meinem Material nicht sicher entscheiden. In manchen Fällen schien mir die Verstopfung der Siebteile eher einzutreten als die der Gefässteile, in anderen Fällen wiederum schien es mir umgekehrt zu sein. Zuweilen mag über-

haupt nur der eine Teil verstopft werden, wenigstens sieht man nicht selten Fälle, wo auf dem Querschnitt der eine Teil unverstopft ist. Beweisend ist das natürlich nicht, denn es könnten ja in dem scheinbar unverstopften Teil die Verstopfungen höher oder tiefer sitzen. Im Gefässteil beginnt die Verstopfung im allgemeinen mit den primären Gefässen, um dann erst die Tüpfelgefässe zu ergreifen. Ebenso scheint mir in der Regel die Verstopfung des Siebteils mit den primären Elementen zu beginnen, so dass sie hier zentripetal, dort zentrifugal fortschreitet. Doch kommen auch Fälle vor, wo die Verstopfung von seitwärts beginnt.[1]

Im Siebteil treten die Verstopfungen in den Siebröhren und in den Geleitzellen auf, ist die Verstopfung nur partiell, zuerst in den Siebröhren. Im fertigen Zustande erscheinen die Verstopfungen als eine kompakte homogene Masse, die Elemente dicht erfüllend, so dass sich von ihr die Zellwände kaum scharf abheben. Besonders deutlich tritt das auf dem Querschnitt hervor. Die Verstopfungen geben dieselben Reaktionen, wie die Gefässverstopfungen, woraus die Identität beider hervorgeht.

Den Vorgang der Verstopfung einer Siebröhre befriedigend aufzuhellen, ist mir leider nicht gelungen. Verstopft die Siebröhre sich selbst, oder erfolgt die Verstopfung vonseiten der Geleitzellen, während diese sich natürlich selbst verstopfen müssen? Im letzteren Sinne glaube ich eine Beobachtung deuten zu sollen, welche ich gleichfalls in den Gefässbündeln des untersten Knotens in dem Exemplar aus Guiana gemacht habe, indem ich durch einen glücklichen Zufall Verstopfungen in jungen Entwicklungsstadien angetroffen habe. In zwei Elementen, welche ich für Siebröhren halten möchte, sieht man einige Tröpfchen der Wand aufsitzen; ich habe sie in Fig. 10 abgebildet. Auf Grund der ganzen Erscheinung, der Lichtbrechungsverhältnisse der Verstopfungen und ihres Ver-

---

[1] Benecke, welcher zahlreiche verstopfte Gefässbündel auf Quer- und Längsschnitten untersucht hat, giebt an, dass er oft nur den Siebteil des Fibrovasalstranges verstopft gefunden habe und zwar in der ganzen Länge, ohne dass an irgend einer Stelle etwas von den Verstopfungen der Gefässe zu sehen gewesen wäre. (Sereh, Hoofdstuck VI., p. 81, Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java" Semarang 1893). Herr Dr. Benecke ist, auf Grund seiner Erfahrungen, wie er mir persönlich mitteilte, der Ansicht, dass in Bezug auf den Ort, von welchem aus die Verstopfung des Siebteils beginnt, alle denkbaren Fälle vorkommen.

haltens gegen Schwefelsäure halte ich die Tröpfchen für die ersten Entwicklungsstadien der Siebröhrenverstopfung. Im übrigen ist es mir nicht gelungen, unzweifelhafte Entwicklungsstadien aufzufinden. Ein eingehenderes Studium des Entwicklungsganges der Verstopfungen der Siebröhren wäre erwünscht, und müsste am frischen Material eventuell unter Anbringung von Wunden ausführbar sein.

Aus Valetons und meinen Untersuchungen ergiebt sich ein identischer Entwicklungsgang für die Verstopfungen in den Gefässen, Siebröhren und Intercellularen. Verglichen mit den Angaben von Temme herrscht in Bezug auf Entstehung vollständige Übereinstimmung zwischen den Verstopfungen des Zuckerrohres und denen des Schutzholzes resp. Kernholzes. Dieselbe Übereinstimmung herrscht aber auch zwischen allen diesen Verstopfungen im fertig ausgebildeten Zustande in physikalischer und chemischer Hinsicht. Hier ist noch näher einzugehen auf eine Reaktion, welche als besonders charakteristisch von Temme für seine Verstopfungen erkannt wurde und welche infolgedessen am besten die Identität seiner Verstopfungen mit den Zuckerrohrverstopfungen in chemischer Hinsicht beweist. Digeriert man nämlich Schnitte des Temme'schen Schutzholzes oder des Kernholzes mit einem Gemisch von chlorsaurem Kali und Salzsäure nicht zu lange — bei zu langer Einwirkung verschwinden die Verstopfungen gänzlich — so werden die früher in Alkohol unlöslichen Verstopfungen löslich. Ebenso verhalten sich die Verstopfungen des Zuckerrohres, doch bieten die der Bündel und der Intercellularen kleine Verschiedenheiten. Die Bündelverstopfungen verhalten sich genau so wie das Temmesche Schutzgummi. Hat man den Zeitpunkt der Einwirkung des Gemisches richtig abgepasst, dann verschwinden die Verstopfungen nicht in dem Gemisch, sondern erst in Alkohol, nachdem das Gemisch mit Wasser ausgewaschen worden war. Digeriert man Schnitte mit Intercellularverstopfungen mit dem Gemisch, so werden die Verstopfungen, wenn man den Vorgang nicht zulange fortsetzt, nicht zerstört, wenn sie sich augenscheinlich auch heller färben. Lässt man nach dem Auswaschen mit Wasser Alkohol auf die Verstopfungen einwirken, so ist folgendes zu beobachten. Die Tropfen schwellen an und erhalten ein körniges Aussehen. Dann geht die Hauptmasse derselben in Lösung, aber nicht so, dass die Tropfen von aussen gleichmässig abschmelzen, sondern die Substanz wird gleichsam herausgelöst, sodass

ein Skelett des Tropfens übrig bleibt. Solche Tropfen machen den Eindruck einer runden Zelle wie Saccharomyces mit einer grossen Vakuole oder einer Thylle mit starker Wand, deren Plasma nicht wahrnehmbar ist. Lässt man auf dies Skelett Chlorzinkjod einwirken, so färbt es sich nicht, ein Beweis, dass es nicht Cellulosewände sind, in Schwefelsäure ist es löslich, sodass man wohl die ursprüngliche Grundmasse vor sich hat. Das ungleiche Verhalten der Verstopfungen der Intercellularen und der Gefässbündel erklärt sich meines Erachtens nach daraus, dass die chemische Umwandlung, welche die ursprünglichen ungefärbten Verstopfungen erleiden, bei den ersteren weniger vollkommen ausgefallen ist. Demnach hätten wir die Skelette der Verstopfungen als aus ursprünglicher Substanz bestehend zu betrachten, eine Auffassung, zu deren Gunsten das Verhalten gegen Schwefelsäure spricht. Die Vermutung, welche bei der Natur der Reaktion nahe liegt, dass die Einwirkung des Gemisches nicht lange genug gedauert hat, ist von der Hand zu weisen, da sonst das Skelett wie die Verstopfungen selbst in Schwefelsäure unlöslich sein müsste.

Eine befriedigende Aufhellung der chemischen Natur dieser Verstopfungen aus der mikrochemischen Untersuchung ist bei dem gegenwärtigen Stande unserer mikrochemischen Kenntnisse der Pflanzenstoffe nicht zu erwarten. Nach Valeton und Temme sollen die Verstopfungen aus Gummi bestehen und als solche wurden sie auch im Vorstehenden bezeichnet.[1] Temme gründet seine Ansicht auf die Thatsache, dass die Verstopfungen unter Einwirkung von Salpetersäure Oxal- und Schleimsäure liefern. Mir ist unbekannt, ob man imstande ist, Schleimsäure mikrochemisch nachzuweisen.

---

[1] Von Benecke und gelegentlich wohl auch von anderen Forschern wie z B. Janse ist der die Verstopfung verursachende Körper als Schleim bezeichnet worden. Benecke wählte den Ausdruck, um hinsichtlich der chemischen Natur der Verstopfungen nichts zu präjudizieren, da ja der Begriff „Gummi“ anfängt in wissenschaftlicher Beziehung etwas an Präcision zu gewinnen. Gegen die Bezeichnung Schleim lässt sich geltend machen, dass die Verstopfungen im ausgebildeten Zustande durchaus keinen schleimigen Charakter besitzen. Das Wort Gummi liesse sich dadurch umgehen, dass man den Ausdruck Kerngummi oder den von Temme geprägten Schutzgummi auf das Zuckerrohr übertrüge, also in derselben Weise verführe wie seiner Zeit Reiss, als er die „Reservecellulose“ von der Cellulose unterschied. (Über die Natur der Reservecellulose und über ihre Auflösungsweise bei der Keimung der Samen. Landw. Jahrbücher, Berlin 1889.)

Temme teilt auch in seiner Arbeit nicht mit, wie er diesen Nachweis geführt hat. Valeton hält die Verstopfungen für Gummi auf Grund der allgemeinen Erscheinung und der Gesamtheit der Reaktionen. Erst wenn es gelingt, diese Verstopfungen makrochemisch zu untersuchen, wird man eine Aufklärung über ihre Natur erwarten dürfen. Die chemische Veränderung, welche die Grundmasse erfährt, muss als eine Art Verkorkung aufgefasst werden und verläuft vermutlich analog wie die Verholzung und Verkorkung der Cellulosewände. Die verschiedenen Stadien dieses Prozesses sind wahrscheinlich durch die verschiedene Farbe gekennzeichnet. Aber selbst die ungefärbten Verstopfungen bestehen nicht aus einer einheitlichen Masse, sondern scheinen bereits komplizierteren Aufbaues zu sein. Darauf deutet schon ihre Färbung mit Fuchsin und Methylenblau hin, wenn sie auch noch nichts beweist; denn man könnte annehmen, dass das betreffende Kohlehydrat imstande wäre, diese Farbstoffe in geringem Masse zu speichern. Das gilt aber nicht mehr für die Farbenreaktion durch Alkannin und Osmiumsäure, sie weisen auf die Gegenwart anderer Stoffe neben dem Kohlehydrat hin. Die meisten Veränderungen der primären Grundmasse scheinen nicht in der ganzen Masse des Tropfens gleichartig aufzutreten, sondern sich von innen nach aussen zu vollziehen, wie das Verhalten gegen Salzsäure und chlorsaures Kalium andeutet; denn sonst könnten bei der Einwirkung dieses Gemisches die oben beschriebenen Skelette nicht auftreten.

Nach Temme sollen durch die Oxydation mit chlorsaurem Kalium und Salzsäure harzartige Körper entstehen. Ich möchte entschieden bezweifeln, dass diese aus dem Kohlehydrat hervorgehen, sondern vielmehr glauben, dass sie auf die Gegenwart fettartiger Körper in den Verstopfungen hinweisen. Gewisse Reaktionen sprechen unbedingt zu Gunsten der Gegenwart fettartiger Stoffe, z. B. die Reaktion mit Osmiumsäure und Alkannin und die ausserordentliche Widerstandskraft gegen Schwefelsäure. Ich halte es deshalb für wahrscheinlich, dass diese Reaktionen durch Einlagerung fettartiger Körper bedingt sind, ähnlich wie in den cuticularisierten und verkorkten Membranen. Dagegen bildet die Rotfärbung der Verstopfungen mit Phloroglucin und Salzsäure, welche auf Verholzung hinweisen würde, keinen Einwurf, denn wir wissen ja, dass der Stoff, welcher in der verholzten Membran diese charakteristische

Färbung liefert, in ihr in sehr geringer Menge vorhanden ist, und dass diese Reaktion nur deshalb verwendbar ist, weil er, welcher die Rotfärbung erleidet, ein ständiger Begleiter des „Lignins" ist. Das würde natürlich nicht ausschliessen, dass dieser Körper auch ohne Lignin auftreten könnte. Auch wäre mit der Möglichkeit zu rechnen, dass neben dem Verkorkungsprozess eine Verholzung einherginge, denn bekanntlich wird diese Reaktion auch bei den Membranen des Korkes beobachtet. Sollten spätere chemische Untersuchungen die hier ausgesprochene Ansicht, dass es sich bei den Verstopfungen um einen Verkorkungsprozess handelt, bestätigen, so wird sich voraussichtlich herausstellen, dass in diesem Falle der Verkorkungsprozess nicht so vollkommen verläuft, wie in den verkorkten und cuticularisierten Membranen. Übrigens dürfte wohl auch nicht in allen Korken die Verkorkung in gleichem Grade sich vollzogen haben, denn sonst könnten sie nicht für Wasser ungleich durchlässig sein.

Ohne näheres Studium der Entwicklungsgeschichte der Verstopfungen konnte man aus der Thatsache, dass diese Verstopfungen normaler Weise beim Verschluss der Bündel beim Blattfall, zum Verschluss von Wunden sowohl bei gesundem wie krankem Rohr und in den verschiedensten Weltteilen[1] auftraten, schliesen, dass die Verstopfungen nicht das Produkt eines spezifischen Parasiten der Serehkrankheit sind. Der Umstand, dass normaler Weise beim Blattfall die Verstopfungen auftreten, musste es wahrscheinlich machen, dass Parasiten überhaupt nicht dabei mitwirkten, sondern dass die Verstopfungen das Produkt der Lebensthätigkeit des Zuckerrohres seien, wenn damit auch nicht ausgeschlossen ist, das Parasiten den Anlass zu dieser Lebensäusserung geben. Die Entwicklungsgeschichte der Verstopfungen hat unzweifelhaft gezeigt, dass sie das Produkt der lebendigen parenchymatischen Elemente des Zuckerrohres sind. Aus den Untersuchungen von Valeton geht das eigentlich schon unzweifelhaft hervor; er stellte in seiner ersten Ver-

[1] Benecke fand, wie ich teils seinen Veröffentlichungen, teils schriftlichen Mitteilungen entnehme, die Verstopfungen überall, bei allen Varietäten von Saccharum officinarum, bei Glagah und Glonggong, bei Rohr aus Ausstralien, von allen Sunda-Inseln, von Malakka, Ceylon, aus Ägypten, aus dem brasilianischen Staate São Paulo und aus den botanischen Gärten zu Genua, Heidelberg und Lissabon. — Vergl. auch seine Abhandlung „Sereh". Hoofdstuck VI, p. 87/88.

öffentlichung ausdrücklich die Abwesenheit von Organismen bei Erzeugung der Verstopfungen in Abrede. Umso mehr überraschte es, dass Valeton in einer Nachschrift zu seiner Arbeit augenscheinlich unter dem Einfluss von Janses Publikation die Möglichkeit einer Beteiligung bei der Bildung der Verstopfungen zugab.

War wohl auch schon von anderer Seite[1] mehr gelegentlich die Äusserung gefallen, dass die Verstopfungen das Produkt von Bakterien seien, so war es doch Janse[2] vorbehalten geblieben, diesen Gedanken zu einer Theorie auszuarbeiten, die sich um so kühner in die Lüfte entwickelte, je schwankender das Fundament war, auf dem sie ruhte. Es kann nicht meine Absicht sein, bei dieser Theorie, deren Unrichtigkeit durch das thatsächlich über die Verstopfungen Beobachtete erwiesen wird, und auf deren Fehler in der Methode bereits von anderer Seite eingegangen worden ist,[3] längere Zeit zu verweilen, doch möchte ich einen Punkt in Kürze besprechen, welcher wohl zu Irrtümern Veranlassung gegeben hat und möglicherweise wieder geben könnte. Ich schicke die Ergebnisse seiner Untersuchung kurz voraus.

Aus seinen experimentellen Untersuchungen folgert Janse, dass die leitenden Gefässe verstopft sein müssen. Diese Schlussfolgerung wird durch die Beobachtung bestätigt. Es finden sich die Gefässe reichlich verstopft. Janse fragt sich weiter, welches die Ursache dieser Verstopfung ist, denn mit Beantwortung dieser Frage würde das ganze Problem gelöst sein.

Zunächst wendet er sich der Beobachtung stark serehkranken Rohres zu. Hier machen die Verstopfungen den Eindruck, „als ob sie aus einer ziemlich harten bröcklichen, manchmal mehr oder weniger gelben Masse bestehen, welche homogen und durchsichtig ist.“ „Nur dann und wann trifft man in solch einem Pfropfen Stellen an, wo man eine körnige Zeichnung wahrnimmt, doch manchmal so schwach, dass sich daraus allein nicht viel über die Ursache dieses abweichenden Aussehens ableiten lässt.“

---

[1] Krüger, Berichte der Versuchsstation für Zuckerrohr in West-Java, Kagok-Tegal (Java) Heft I, 1890. Vorläufige Mitteilungen über die Serehkrankheit des Zuckerrohres. (Rotz, Bakteriosis?)

[2] Het voorkomen van Bacterien in Suikerriet. Mededeelingen uit s' Lands Plantentuin IX. Batavia 1891.

[3] Benecke, Sereh, Onderzoekingen en beschouwingen over oorzaken en middelen. Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java“, Semarang 1893.

Bessere Resultate erhielt Janse, als er weniger stark serehkranke Stengel untersuchte, also solche, bei welchen die Glieder ziemlich stark entwickelt und saftiger waren. In diesen Fällen findet bei der Filtration eine deutlich stärkere Verzögerung als bei gesundem Rohr, aber eine viel geringere als bei stark kranken Gliedern statt. „Vor allem bei Gebrauch von Anilinfarbstoffen bemerkt man in solchen Stengeln einen, wie es scheint, schleimigen, aber doch ziemlich konsistenten Stoff, welcher als eine mehr oder weniger dicke Lage die Innenwand der Gefässe bekleidet. Manchmal füllt dieser Schleim, wie wir ihn nennen wollen, das ganze Gefäss in grösserer oder geringerer Ausdehnung aus, manchmal hingegen sieht man nur eine äusserst dünne Lage desselben an der Wand des Gefässes, während ausserdem alle Übergänge zwischen diesen beiden Extremen vorkommen.

Untersucht man diese Schleimlage genauer, so findet man darin Bakterien in Stäbchenform zerstreut liegen, welche entweder frei oder zu kleinen Gruppen vereinigt sind. Im Verhältnis zu der Menge Schleim, welche man dort antrifft, sind sie aber meistens nicht zahlreich."

Untersuchte Janse Stengelglieder, welche der Filtration noch weniger Widerstand entgegensetzten, so fand er folgendes: „Dort trifft man nämlich hauptsächlich zahlreiche Bakterienkolonien an, welche an der Innenwand des Gefässes in mehr oder weniger grossen Abständen von einander liegen. Häufig findet man auch ganz freie Bakterien im ganzen Gefäss gleichmässig, aber äusserst sparsam zerstreut, so dass es den Eindruck macht, als ob sie in einem sehr dünnen vollkommen hellen Schleim liegen, welcher sich mit den angewandten Farbstoffen nicht färbte und deshalb nicht oder beinahe nicht wahrzunehmen war. Häufig findet man jedoch in einem auch im ungefärbten Zustande deutlich sichtbaren Schleim sehr grosse Mengen Bakterien aufgehäuft liegen. Die Bakterien zeigen immer dasselbe Aussehen, nämlich: stabförmig 0,002—0,003 mm lang und 0,0003 mm breit, zuweilen gemengt mit anderen ovalen Körperchen (0,00025 mm lang), welche sich als die mutmasslichen Sporen dieser Bakterien zu erkennen geben. Dieselben liegen zusammen in einem durchsichtigen Schleim von sehr verschiedener Konsistenz, insoweit sich dies nämlich bei der Untersuchung mit dem Mikroskop beurteilen lässt."

Auf Grund der mitgeteilten Beobachtungen hält Janse sich zu dem Schluss berechtigt, dass dieser Schleim durch die Bakterien gebildet wird und möglicherweise durch Wassermangel der Pflanze eine immer grössere Konsistenz annimmt. Zur Bekräftigung seiner Ansicht hat er den Bacillus auf künstlichen Nährmedien zu züchten sich bemüht, namentlich auf sterilisierten Rohrscheiben und in Rohrzuckerlösungen. Man beobachtete alsdann die Entwicklung von Schleimpfropfen auf der Oberfläche der Rohrzuckerscheiben, „während Rohrzuckerlösungen allmählich eine schleimige Konsistenz annahmen und dabei ein wenig opalisierend trübe wurden. Im Schleim sowohl als auch in der Zuckerlösung fand man dann Bakterien und Sporen im Überfluss, welche in der Form vollständig denjenigen glichen, welche man in den Gefässen antrifft. Die Kulturen kennzeichnen sich alle durch die Entwickelung eines einigermassen säuerlichen Geruches.

Bei mikroskopischer Untersuchung des Schleimes bemerkt man sowohl rings um die Bakterien als auch rings um die Sporen deutlich eine Schleimlage, während in sich entwickelnden Schleimpfropfen die Bakterien durch dicke Schleimmassen von einander getrennt sind. Bereits bald nach jeder Teilung scheinen die beiden jungen Bakterien einander loszulassen, infolge starker Verschleimung der neuen Querwand, so dass man nur sehr selten lange Reihen von Bakterien sieht.“

Bei einem Vergleich dieses Bakteriums mit anderen ähnlichen Bakterien erwies es sich als eine neue Species. Es wurde als Bacillus Sacchari bezeichnet.

Wie unsicher das Fundament dieser Theorie ist, ergiebt sich aus Janses Behauptung, dass die Verstopfungen Bakterienzoogloeen sein sollen, weil er in den Gefässen Bakterien gefunden haben will. Nun wäre es ja denkbar, dass sich in dem zuckerführenden Rohr ein Bakterium fände, welches auf Kosten des Zuckers mächtige Zoogloeen bildete. Bei der schleimigen Gärung, welche durch verschiedene Mikroorganismen hervorgerufen wird, entstehen mächtige Zoogloeen, welche zum Teil wie bei Leuconostoc mesenterioides knorpelige Beschaffenheit annehmen. Aber alle diese Bakterien sind uns nur als Saprophyten, nicht als Parasiten bekannt. Immerhin wäre es ja möglich, dass ein anderes als Parasit auftretendes Bakterium — Janse will ja wirklich ein solches entdeckt haben,

Bacillus Sacchari — schleimige Gärung zu erzeugen vermag. Wenn ein derartiges parasitäres Bakterium existiert, so darf man annehmen, dass es mit solchen Eigenschaften ausgerüstet ist, um in die lebenden Zellen einzudringen und sich auf Kosten des hier aufgespeicherten Materials zu entwickeln und zu vermehren. Niemals aber wird man vermuten, dass ein derartiges Bakterium in die Gefässe eindringt, wo es nichts zu beissen und zu brechen giebt, denn die Gegenwart von Zucker in ihnen, aus welchem die Zoogloea gebildet werden könnte, wäre erst nachzuweisen. Derartige Bedenken hätten sich auch Janse aufdrängen müssen, und er hätte wenigstens verständlich machen müssen, dass die Gefässe einen günstigen Nährboden für das Bakterium bilden. Janse hat sich verleiten lassen, aus der von ihm beobachteten Gegenwart von Bakterien in den Gefässen zu schliessen, dass sie die Verstopfungen hervorrufen, welche er gleichfalls in ihnen gefunden hat. Die Kulturversuche mit seinem Bacillus Sacchari bestätigen nur in sehr unzulänglicher Weise seine Idee. Es ist ihm doch nur gelungen, Bakterienzoogloeen zu züchten, aber niemals Zoogloeen mit den Eigenschaften unserer Verstopfungen. Wäre auf die ausreichende Identifizierung beider das genügende Gewicht gelegt worden, so hätte Janse unmöglich seine Bakterientheorie aufstellen können. Er hat ganz ausser Acht gelassen, dass die Verstopfungen von ihrem Entstehen bis zur Vollendung ganz wesentliche Veränderungen erleiden; er hat sie hauptsächlich immer mit dem ersten Stadium identifiziert, obgleich die Färbung der Verstopfungen ihn hätte darauf aufmerksam machen müssen, dass hier doch etwas ganz anderes vorlag. Von Bakterien, welche schleimige Gärung hervorrufen, ist in chemischer Beziehung Leuconostoc mesenterioides am besten bekannt, es wurde sogar von Winter im ausgepressten Zuckerrohrsaft gefunden.[1] Es kann aber wohl als ausgeschlossen gelten, dass diese Zoogloea sich in Schwefelsäure unverändert halten würde, und von einem anderen schleimige Gärung hervorrufenden Bakterium ist nichts Besseres zu erwarten. Allerdings ist Janse nicht entgangen, dass die physikalische Beschaffenheit der Verstopfungen im ausgebildeten Zustande eine andere ist, als im Augenblick, wo die Ausscheidung beginnt. Er sieht auch ein, dass die künstlich gezüchteten Zoogloeen nur den Ver-

[1] Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java“, 1890. „Over slijmvorming in de fabriekproducten.“

stopfungen im Anfang entsprechen, dass sie also noch Veränderungen erleiden müssen, wenn sie die Konsistenz ausgebildeter Verstopfungen erhalten sollen. Diese Konsistenz sollen sie durch Eintrocknen erlangen. Nun stelle man sich vor, wie es in den Gefässen möglich sein soll, dass die Zoogloeen so viel Wasser verlieren, damit sie die harte knorpelige Beschaffenheit der Verstopfungen erlangen. Wenn man bedenkt, dass die Gefässe die Leitungsorgane für Wasser sind, begreift man nicht, wie die Zoogloeen imstande sein sollen, Wasser zu verlieren, und nun gar so viel Wasser als nötig ist, um ihnen die knorpelige Beschaffenheit zu verleihen. Nehmen wir einmal an, es bestehe die Möglichkeit für einen solchen Wasserverlust, was muss dann in den Gefässen vor sich gehen? Wenn die Gummibildung beginnt, werde das Gefäss mit Gummi gleichsam ausgegossen: diese Masse ist aber eine Zoogloea, welche sich rings herum der Wand dicht angeschmiegt hat. Wenn diese Masse nun so viel Wasser verliert, als erforderlich ist, so muss ihr Volumen bis auf einen kleinen Bruchteil herabsinken, denn 80 % Wasser dürfen wir doch wohl auch in der Zoologoea voraussetzen; die Folge davon würde kein dichter Verschluss, sondern das gerade Gegenteil sein. Anstatt dass das Wasser nicht zirkulieren kann, müsste es sehr leicht zirkulieren können. Nun ist Janse selbst erst durch den festen Verschluss, welche diese Vertopfungen in den Gefässen bilden, auf sie aufmerksam geworden. Hier gerät er also mit sich selbst in Widerspruch. Bilder, wie ich sie oben erwähnt habe, dass bei Behandlung mit Schwefelsäure in der Verstopfung ein genauer Abguss des Gefässes erhalten bleibt, wären nach Janse unmöglich. Diese erklären sich nur so, dass die Masse in flüssiger oder zähflüssiger Form das Gefäss erfüllt, und dann ohne Volumenverminderung durch Einlagerung anderer Stoffe oder durch Umwandlung der ursprünglichen Masse erhärtet.

Janse muss sehr wenig Verstopfungen untersucht haben, denn sonst würde er wohl gesehen haben, dass bei weitem nicht in jedem Gefäss Bakterien auftreten. Man kann ohne Übertreibung sagen, dass die Bakterien führenden Gefässe in der Minderheit sind. Man kann vielleicht auch bezweifeln, ob alles das, was er für Bakterien und Sporen anspricht, wirklich solche gewesen sind, denn die Verstopfungen haben manchmal aus anderen Gründen ein körniges Aussehen, aber andererseits soll gern zugegeben werden, dass Janse

Bakterienkolonien in den Gefässen beobachtet hat. Nach dem, was wir auseinander gesetzt, sind diese Bakterien nicht die Ursache der Verstopfungen. Wie kommen sie in die Gefässe, und welche Rolle spielen sie dort? Ich selbst habe in dem Material aus Guiana und aus Java auf Längsschnitten in manchen Gefässen wohl umschriebene Schleimmassen gefunden, welche man als Zoogloeen ansehen musste. Entsprechende Färbungsversuche bestärkten mich in meiner Auffassung. Die Gegenwart von Bakterien hat mich nicht überrascht, denn dort wo ich sie antraf, war das Rohr verwundet. Welches auch immer die Ursache der Verwundung sein mag, es ist unvermeidlich, dass auch Bakterienkeime in die Wunde gelangen, die sich vielleicht auf dem infolge der Verletzung ausgeschiedenen Gummi als guten Nährboden schnell vermehren. Bei einer solchen Gelegenheit werden auch Bakterien in die angeschnittenen Gefässe gelangen und sich hier entfalten können. Dauert der Wundgummierguss während der Bildung der Zoogloea fort, so muss diese, wenn das Wundgummi erhärtet, in ihm eingeschlossen erscheinen. Vielleicht waren auch in den von Janse beobachteten Fällen kleine Verwundungen vorhanden, durch welche die Bakterien in die Gefässe eindringen konnten.

Diese Einwände gegen Janses Theorie würden genügen, um ihre Unhaltbarkeit zu erweisen, selbst dann, wenn es nicht schon auf andere Weise festgestellt wäre, dass die Bakterien die Verstopfungen nicht hervorrufen. Übrigens mag hier noch erwähnt werden, dass neuerdings auch von Went[1] der Nachweis geführt worden ist, dass die von Krüger und Janse beobachteten Bakterien der Regel nach nicht in den verstopften Bündeln auftreten und dass Janses Bacillus Sacchari höchst wahrscheinlich nichts anderes als Bacillus subtilis ist. Schon Benecke hatte die Vermutung ausgesprochen, dass der Jansesche Bacillus aus der Luft stamme.[2]

Über die Verbreitung der Verstopfungen.

Zur richtigen Beurteilung der Bedeutung unserer Verstopfungen wird es beitragen, wenn man sich genau Rechenschaft giebt, welcher

---

[1] De Serehziekte. Mededeelingen van het Proefstation West-Java Kagok-Tegal 1893.

[2] „Sereh“, Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java“, Java 1893, VI. Afl.

Verbreitung sich diese Verstopfungen beim Zuckerrohr erfreuen. Das hat Janse vollständig unterlassen und ist dadurch zu falschen Schlüssen über dieselben gelangt. Sie sind sehr weit verbreitet. Sie treten als normale Erscheinung beim Blattfall auf, indem sie für den Wundverschluss sorgen. Sie sind die charakteristische Reaktion der Pflanze auf einen Wundreiz. Sie treten endlich im Stock der Pflanze auf, ohne dass eine Beziehung zwischen ihnen und einer Verwundung oder dem Blattfalle bestände.

A. Auftreten der Verstopfungen beim Blattfall.

Über den Verschluss der Gefässbündel beim Blattfall ermittelte Valeton[1] Folgendes. Einige Stöcke im Alter von 5 Monaten und noch ältere wurden von ihm untersucht. In allen diesen Fällen fand er nur die Gefässbündel verstopft, welche mit den abgerissenen Blättern in Verbindung gestanden hatten. Die Verstopfungen sind gelb oder schwach rot gefärbt.

Meine eigenen Untersuchungen stimmen mit dieser Angabe gut überein. An allen oben namhaft gemachten Varietäten und Arten von Saccharum habe ich den Verschluss der Blattnarben untersucht. Der Verschluss findet überall in derselben Weise statt. Die Gefässbündel und die Intercellularen des angrenzenden Grundgewebes werden mit Gummi verstopft; die Färbung desselben ist gelb bis dunkelrot. Wo der natürliche Zusammenhang zwischen Stock und Blatt noch besteht, finden sich, wie ich mich hier und da überzeugt habe, keine Verstopfungen. Ob sie vor dem Fall des Blattes auftreten oder gleich nach demselben, konnte ich an meinem Material nicht entscheiden. Bei Benecke finde ich die Angabe, dass er an kräftig gewachsenen Stöcken oft den Beginn der Verstopfungen wahrnahm, „wenn die Loslösung des Blattes sich im ersten Stadium befindet, also schon vor dem Abfallen des Blattes.“[2]

B. Das Auftreten von Verstopfungen bei Verletzungen.

Das Auftreten von Verstopfungen an gesundem Rohr bei Verletzungen wurde meines Wissens nach zuerst von Molisch[3] be-

[1] Bijdrag tot de kennis der serehziekte. — Proefstation Ost-Java, Batavia 1892.

[2] Sereh, l. c. p. 88.

[3] Zur Kenntnis der Thyllen nebst Beobachtungen über Wundheilung in der Pflanze. — Sitzber. d. math. phys. Cl. d. Wiener Akad. d. Wiss. 1888, 97. Bd., I. Abt.

schrieben: „Wurde der Stengel einer im Gewächshaus gezogenen Pflanze quer abgeschnitten, so bildete sich in der Region der Wunde nach etwa fünf Tagen ein auffallend roter, der Membran angehöriger Farbstoff; etwa 4 Wochen nach der Verletzung waren die meisten Gefässe auf weitere Strecken vollständig mit Gummi verlegt, welches sich mit Phloroglucin und Salzsäure deutlich rot färbte. Nicht nur die Gefässe, auch Siebröhren und Bastparenchym waren verstopft. Noch eine andere, meines Wissens bisher nicht beobachtete Thatsache liess sich feststellen; das unterhalb der Wunde liegende Parenchym nimmt nämlich infolge der Verletzung nach und nach ein kollenchymatisches Aussehen an.

Im normalen unverwundeten Parenchym sieht man davon nichts, hier bilden die Zellen zwischen sich luftführende, auf dem Querschnitt dreieckig erscheinende Intercellularen. Nach der Verwundung sezernieren die Zellen in die letzteren Gummi und erhalten, die Intercellularen allmählich ganz verstopfend, das Aussehen von Kollenchymzellen. Die gewöhnlich an den Kanten von Kollenchymelementen auftretenden Verdickungsmassen werden hier durch Gummi repräsentiert.“ [1]

Näher untersucht wurden dann die Vorgänge bei künstlich angebrachten Wunden von Valeton, wobei er die Entwicklungsgeschichte der Verstopfungen überhaupt kennen lehrte. Auf S. 60 u. ff. ist das Ergebnis dieser Untersuchung mitgeteilt worden.

Verwundungen an Blattscheiden und Blattflächen haben nach ihm ähnliche Gummibildung in den Gefässen zur Folge, welche sich nur auf eine kleine Entfernung von der Wunde bemerkbar macht.

„In den Blattscheiden ist das Gummi schon nach einigen Tagen holzig, auch die Wände der Parenchymzellen verholzen und die Intercellularräume füllen sich mit Gummi, welches von der Zellwand ausgeht und oft das Aussehen dicker Tropfen hat.

Auch in den Wurzeln haben Verwundungen Gummibildung zur Folge. In der Umgebung der niemals fehlenden kleinen Wunden, welche durch den Biss von Insektenlarven u. a. entstehen, ist immer ein Teil der Gefässe und Siebröhren mit gelbem oder rotem Gummi gefüllt.

Ein einziges Mal kam es vor, dass das Gummi in den Ge-

---

[1] l. c., p. 291.

fässen der Wurzeln mit dem der Gefässe im Internodium und im Knoten in ununterbrochener Verbindung stand. Im allgemeinen aber ist die Gummibildung in den Wurzeln ganz örtlich, und es kann z. B. eine Wurzel einige Decimeter von der Basis entfernt stark angegriffen und der Stengel doch ganz frei von Gummi sein."

Der Verschluss der Wunden vollzieht sich stets in derselben Weise, welches auch immer die Ursache der Verwundung sein mag, ob sie künstlich hervorgerufen ist, z. B. bei den Wurzeln durch das Behacken des Bodens oder beim Behäufeln der Pflanzen, oder ob tierische oder pflanzliche Parasiten die Verletzung herbeigeführt haben. Da die Bohrer beim Zuckerrohr sehr verbreitet sind, so stösst man häufig auf die von ihnen gefressenen Höhlungen, gegen welche das angrenzende Gewebe einen Abschluss erzeugt. Hierbei werden die an die Höhlung stossenden Bündel und die Intercellularen des umgebenden Grundgewebes verstopft. Diese Verstopfungen erstrecken sich eine gewisse Strecke tief in das Gewebe hinein. Die äussersten Bündel und ebenso die äussersten Intercellularen haben dunkel gefärbte Verstopfungen, während die weiter nach innen befindlichen heller gefärbte, gelbe Verstopfungen aufweisen. Fig. 7 stellt einen Querschnitt durch eine von einem Bohrer hervorgerufene Verwundung in einem Internodium von Teboe Cheribon dar.

Solche Verwundungen können sich manchmal durch mehrere Glieder erstrecken. Man beobachtet dann plötzlich in dem im übrigen von Verstopfungen freien Gewebe eines Internodiums eine Gruppe von verstopften und meistens rot gefärbten Bündeln. Verfolgt man diese Gruppe abwärts, stösst man auf die Wundstelle, von welcher der Reiz zur Verstopfung ausgegangen ist. In anderen Fällen bemerkt man solche Gruppen verstopfter und gefärbter Bündel, ohne dass ein Zusammenhang mit einer Wunde zu entdecken ist. Aber auch in solchen Fällen wird man wohl mit Recht eine Wunde als Ursache voraussetzen, wenn sie auch nur geringfügig ist.[1]

[1] Wie mir Herr Dr. Benecke persönlich mitteilte, hat er solche verstopfte Gefässbündel, welche ausschliesslich in einem Internodium ohne sichtbare Wunde verlaufen, also nicht mit den Knoten in Verbindung stehen, oft gefunden, als er 11526 Stecklinge (siehe Sereh, p. 162) auf successiven Querschnitten makroskopisch untersuchte. Sie fanden sich bloss in der äussersten Rinde, auch in den Fällen, wo in den Knoten keine verstopfte Bündel zu beobachten waren und die Blätter den Knoten noch unversehrt anhafteten.

Saccharum reagiert auf Verwundungen immer in derselben Weise, wovon ich mich an den oben namhaftgemachten Varietäten und Arten überzeugte. Nur an Teboe Glonggong, Glagah und Gagak konnte ich wegen Abwesenheit sichtbarer Wunden den Modus des Wundverschlusses nicht feststellen; unzweifelhaft erfolgt er hier wie bei den anderen Rohrarten.

Wundverschluss findet in umfangreichem Maasse bei der Stecklingsbildung statt. Die künstlichen Wunden müssen natürlich geschlossen werden; man hat an diesem Objekt gute Gelegenheit, den ganzen Prozess zu verfolgen. Die Möglichkeit, die Stockglieder von Saccharum als Stecklinge zu verwenden, beruht wahrscheinlich ausschliesslich auf der Fähigkeit der Pflanze, die Wunden in entsprechender Weise zu verschliessen. Bei der Wichtigkeit der Stecklinge für die Zuckerrohrkultur und für die Erkrankung des Rohres ist es nötig, den Vorgang des Verschlusses im Steckling genau zu kennen.

Das Auftreten der Verstopfungen in den Stecklingen.

Der Steckling steht unter einem doppelten Einflusse, unter dem Einflusse des umgebenden Mediums und unter dem der wachsenden Knospe. Beide Einflüsse dürften sich im Auftreten der Verstopfungen fühlbar machen, so dass nicht nur ein einfacher Verschluss der Wunde, wie es an der stehenden Pflanze der Fall sein würde, zustande kommt, sondern man darf hier auf verwickeltere Verhältnisse rechnen. Nicht minder muss die Möglichkeit ins Auge gefasst werden, dass sich gesunde Stecklinge anders verhalten als solche, welche serehkrankes Rohr erzeugen.

Da mir Stecklinge von unzweifelhaft gesundem Rohr weder aus Java noch aus einem anderen Teile der Welt zur Verfügung standen, habe ich mich mit Stecklingen von im botanischen Garten zu Braunschweig gezogenem Rohr, das nicht Teboe Cheribon ist, begnügen müssen. Im Dezember 1892 wurden Stecklinge geschnitten und im Warmkasten des Vermehrungshauses ausgelegt. Als sie austrieben, wurden sie herausgehoben und einzeln in Töpfe gepflanzt. So verbrachten sie den Winter über im Warmhause. Unsere winterlichen Verhältnisse waren aber der Entwicklung der Pflanzen nicht günstig, eine Reihe von ihnen ging zu Grunde. Am 14. Februar 1893

wurden die Stecklinge, welche zu Grunde gegangen waren, aus den Töpfen herausgenommen und untersucht. Ein Teil war bereits vollständig vernichtet, so dass eine mikroskopische Untersuchung nicht mehr ausführbar war. Das Grundgewebe war zerstört, und nur die Bündel als isolierte Stränge erhalten geblieben. Die anderen Exemplare, bei denen sich die Internodien noch hart und fest anfühlten, wurden einer mikroskopischen Untersuchung unterworfen. Die Untersuchung ergab, indem hier nur die wichtigsten Momente hervorgehoben werden sollen, folgendes:

Exemplar I. Es besteht aus einem Knoten und zwei angrenzenden Internodialstücken. Durchschneidet man diesen Steckling der Länge nach, so erscheint eigentlich nur ein kleines Stück unverändert, nämlich der Knoten und ein kleines Stück des darüber befindlichen Internodiums. Von dieser Region an nach den beiden Enden des Stecklings hin ist die Farbe des Gewebes verändert, anstatt weiss ist es gelblich oder rötlich gefärbt. Am Rande hängen die Gefässbündel noch durch Gewebe zusammen, im Innern sind sie bereits isoliert. Und diese Isolierung ist um so grösser, je weiter man sich vom Knoten entfernt. Es macht den Eindruck, als ob die Bündel in einem Humifizierungsprozess begriffen sind. Natürlich ist eine mikroskopische Untersuchung der Teile mit den isolierten Bündeln sehr erschwert und da hierauf auch kein besonderer Nachdruck lag, wurde von einer Untersuchung derselben Abstand genommen. Auf beiden Seiten musste von dem Internodium ein bedeutendes Stück abgeschnitten werden, ehe man auf eine ausreichend feste und zusammenhängende Gewebemasse stiess, um befriedigende Querschnitte ausführen zu können. Auf solchen Querschnitten erkennt man, dass alle Gefässbündel verstopft sind und zwar sowohl in den Gefässen wie im Siebteil. Auch hier sind die Verstopfungen ungleich gefärbt: gelb, braun, rotbraun, rot und scheinbar sogar schwarz. Vielfach sind auch die Libriformfasern der randständigen Bündel rötlich gefärbt. Die rote Färbung dieser Internodialabschnitte auf dem Längsschnitte rührt von den rotgefärbten Gefässbündeln her.

Man könnte geneigt sein anzunehmen, dass in dem nicht gefärbten Teil des Internodiums und des Knotens keine Verstopfungen auftreten. Die Untersuchung lehrt, dass diese Voraussetzung irrig ist. Die auf der der Knospe abgewandten Seite verlaufenden Bündel

sind bis an den Knoten heran verstopft, doch sind die Verstopfungen gelb gefärbt. Auf der Seite der Knospe finden sich viele nicht verstopfte Gefässe, wenigstens waren sie an der untersuchten Stelle nicht verstopft, was nicht ausschliessen würde, dass sie an einer anderen Stelle in demselben Gefässe vorhanden sind.

Exemplar II. Auf beiden Seiten wird der Knoten durch Auftreten von Verstopfungen in den Gefässen abgeschlossen. Die Verstopfungen entstehen in geringerer oder grösserer Nähe vom Knoten und erfüllen auf einer längeren oder kürzeren Strecke hin die Gefässe.

Exemplar III. Ein Steckling mit drei Knoten und drei Internodien. An dém zweiten und dritten Knoten von unten gerechnet befindet sich je eine Knospe. Der Steckling schliesst nach unten mit einem Knoten ab; am anderen Ende ist das Internodium durchschnitten. Der erste Knoten ist an der Schnittfläche vollständig schwarz; die Färbung rührt von der Färbung der Gefässbündel her. Alle Bündel sind hier verstopft, sowohl in den Gefässen wie im Siebteil. In dem Internodium zwischen dem ersten und zweiten Knoten sind viele Gefässe verstopft, in dem zwischen dem zweiten und dritten Knoten kommen Gefässverstopfungen gar nicht oder nur selten vor. Am anderen Ende des Stecklings, in dem angeschnittenen Internodium, sind dicht am dritten Knoten alle Gefässe verstopft. In allen diesen Fällen gehen mit den Verstopfungen der Gefässe Verstopfungen in den entsprechenden Siebteilen Hand in Hand.

Exemplar IV. Der Steckling besteht aus einem Knoten mit zwei angeschnittenen Internodien. Die Gefässbündel sind auf beiden Seiten des Knotens verstopft. Einige verstopfte und rot gefärbte Gefässbündel durchsetzen das Knotengewebe zentral von oben nach unten. Die Vernichtung der Gefässbündel, welche in den angeschnittenen Internodien augenscheinlich in der Richtung auf den Knoten zu um sich greift, schreitet im zentralen Teile viel schneller vorwärts. Die rote Färbung der Gefässbündel tritt besonders schön hervor, wenn man den Steckling der Länge nach durchschneidet.

Ausser den vier Exemplaren, bei denen die ausgetriebene Knospe nachher abgestorben war, wurde am 6. April 1893 von derselben Serie ein Exemplar untersucht, das gesprosst hatte, um

zu sehen, ob hier die Verhältnisse andere wären. Der Steckling bestand aus drei Knoten und vier Internodien; an jedem Knoten hat sich ein Spross entwickelt. Die zur üppigsten Entwicklung gekommene Knospe sitzt am dritten Knoten von unten. Auf dem medianen Längsschnitt durch den Steckling erscheint zunächst das ganze oberste Internodium (oberhalb des dritten Knotens) rot bis schwarz. Ebenso ist der im Steckling sitzende Teil des obersten Sprosses auf der inneren und unteren Seite von einem analogen dunklen Saum umzogen, was darauf hindeutet, dass die hier verlaufenden Bündel verstopft sind. Wie das oberste Internodium ist auch das unterste gleichfalls dunkel gefärbt bis zum ersten Knoten. Die Strecke von diesem bis zum dritten Knoten ist nur stellenweise abnorm gefärbt, und zwar rötlich. Hier kommen also auch verstopfte Gefässbündel vor.

Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass der dunkle Saum, welcher das im Steckling sitzende Stück des obersten Sprosses umgiebt, seine Färbung nicht nur den Verstopfungen in den Gefässbündeln, sondern auch solchen in den Intercellularen verdankt. Ebenso wirkt eine Verstopfung der Intercellularen an den übrigen Stellen mit, wo das ganze Gewebe dunkel gefärbt ist. Die Farblosigkeit der Region zwischen dem ersten und dritten Knoten entspricht im grossen und ganzen einer Abwesenheit von Verstopfungen. Hin und wieder finden sich einige Gefässbündel mit Verstopfungen, die gelb bis rötlich gefärbt sind.

Dass an den Stecklingen Verstopfungen auftreten, war mit Sicherheit zu erwarten, denn auf eine Verletzung reagiert eben das Zuckerrohr in der Weise, dass die Gefässbündel und eventuell auch die Intercellularen des Grundgewebes mit Schutzgummi verstopft werden. Die Aufgabe der mikroskopischen Untersuchung konnte also nicht in dem Nachweis dieser Thatsache bestehen, sondern lediglich darin, zu zeigen, wo und wie die Verstopfungen auftreten. Übereinstimmend lassen die fünf Stecklinge erkennen, dass die Verstopfungen so auftreten, dass das zwischen dem obersten und untersten Knoten befindliche Stecklingsstück durch die Verstopfungen von den angrenzenden angeschnittenen Internodien abgegliedert wird, dass also nicht etwa die Schnittflächen verstopft werden und damit ein ausreichender Verschluss gegen die Aussenwelt erzielt wird. Wie es scheint, werden die angeschnittenen Internodien

in ihrer ganzen Länge wenigstens in den Gefässbündeln verstopft, während an der Grenze zwischen Internodium und Knoten der definitive Verschluss hergestellt wird. Die angeschnittenen Internodien fallen sehr schnell der Zerstörung anheim, während durch das Auftreten der Verstopfungen an der Grenze des Knotens sozusagen eine organische Abgliederung der unversehrten Glieder eintritt. Diese Wahrnehmung steht vollständig im Einklang mit Beobachtungen an anderen Pflanzen. Es ist eine bekannte Thatsache, dass an decapitierten dikotylen Pflanzen der angeschnittene Stengel bis zur nächsttieferen Knospe abstirbt, und dass an dieser Stelle der endgültige Verschluss herbeigeführt wird. So wenig dieser Vorgang physiologisch aufgeklärt ist, so ist er biologisch wohl verständlich; auf diese Weise beseitigt die Pflanze nutzlos gewordene Glieder. Von dieser allgemeinen Regel macht aber das Zuckerrohr keine Ausnahme.

Durch den Verschluss der Leitungsbahnen und eventuell auch der Intercellularen des Grundgewebes werden die vorhandenen unverletzten Organe gegen schädliche Einwirkungen geschützt. Blieben sie aus, so wäre nicht nur ein Eindringen von Parasiten und von Stoffwechselprodukten saprophytischer Gewächse leicht möglich, sondern es wäre auch nicht ausgeschlossen, dass durch die Öffnung der Leitungsbahnen die normalen Funktionen der unversehrten Organe beeinträchtigt würden. Der Modus des Verschlusses ist natürlich auch hier derselbe wie bei den Blattnarben und bei Wunden am aufrecht wachsenden Stock. Es werden die Gefässbündel und die Intercellularen in derselben Weise wie bei ihnen verstopft und dadurch ein guter Verschluss erzielt. Die Reaktion auf den Wundreiz scheint sich in vielen Fällen tiefer in den Steckling zu erstrecken. Abgesehen davon, dass die Verstopfungszone mehr oder weniger tief im Knoten liegen kann, sieht man auch vielfach in dem von den beiden äussersten verstopften Knoten begrenzten Steckling einzelne Gefässbündel mehr oder weniger tief verstopft. Ob diese Verstopfungen aber in der That eine Wirkung des Wundreizes sind oder nicht anderen Prozessen ihren Ursprung verdanken, wäre noch näher zu prüfen.

Der durch Auftreten des Schutzgummis erzielte Verschluss lässt theoretisch die Möglichkeit zu, dass solche Stecklinge sehr lange erhalten bleiben können. Praktisch stellt sich die Sache

aber ganz anders heraus. Schon unsere wenigen Stecklinge zeigen ein sehr ungleiches Verhalten. Von den aus den im Dezember ausgelegten Stecklingen hervorgegangenen Sprossen war ein Teil verhältnismässig sehr zeitig, schon vor dem 14. Februar, zu Grunde gegangen, während andere sich weiter entwickelt hatten. Ein derartiges ungleiches individuelles Verhalten kann nicht überraschen, musste sogar erwartet werden; das Interessante und für uns Wichtige liegt hierbei aber darin, dass die Stecklinge ein analoges ungleiches Verhalten aufweisen, so dass man zu der Auffassung gedrängt wird, dass die Lebensfähigkeit der Stecklinge durch den Spross oder die Knospe beeinflusst wird. Von den vor dem 14. Februar zu Grunde gegangenen Pflanzen war bei einem Teil der Stecklinge die Zerstörung schon so weit vorgerückt, dass von einer mikroskopischen Untersuchung Abstand genommen werden musste, während für die übrigen Exemplare die Untersuchung ausgeführt werden konnte; die Ergebnisse desselben sind oben angegeben. Von den zur Weiterentwicklung gelangten Exemplaren wurde am 6. April ein Exemplar (Exemplar V) untersucht. An ihm war der Steckling noch besser erhalten als an den Exemplaren I—IV. Diese Angaben liessen es sehr wahrscheinlich erscheinen, dass die Stecklinge mancher Individuen ein sehr hohes Alter erreichen können. Nach Angaben von Pflanzern auf Java[1] sollten vor Auftreten der Sereh die Stecklinge 12—13 Monate unversehrt im Boden zugebracht haben und dann noch so reich an Zucker gewesen sein, dass sie von den Javanern ausgegraben und aufgegessen wurden. Es war mir nun erwünscht, mich davon zu überzeugen, ob von meinem Rohr die Stecklinge ein ebenso hohes Alter wie die auf Java erlangen können. Von den weiter kultivierten Pflanzen, deren Stecklinge im Dezember 1892 ausgelegt worden waren, wurden nach 1½ Jahren drei der grössten Topfpflanzen ausgestopft und auf ihren Steckling untersucht. Bei allen diesen war der Steckling noch vorhanden, er fühlte sich frisch und gesund an. Von ihnen besassen zwei nur je einen Knoten, einer zwei Knoten. Nachstehend lasse ich die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung an diesen dreien folgen.

Exemplar I. Der Steckling besteht aus einem Knoten

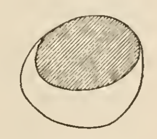
[1] Vergl. Benecke, Over de met roodkleuring gepaard gande verrotting der stekken van het suikerriet. — Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java", Semarang 1891.

und den Anfängen der angrenzenden Internodien. Der Knoten fühlt sich noch sehr hart an. Das Internodiumsstück unterhalb des Knotens ist nicht ganz zerstört. 1/2 cm unterhalb des Knotens ist das Gewebe fest und solide, die Bündel sind verstopft, zum grossen Teil auch die Intercellularen des Grundgewebes. Im Knoten ist die dem Spross zugewandte Hälfte farblos, die Bündel hier unverstopft — und das ist die grössere Zahl — oder mit gelben Verstopfungen versehen. In der anderen Hälfte treten noch Bündel mit dunklen Verstopfungen auf, ausserdem Bündel mit gelben Verstopfungen und unverstopfte Bündel. Die nebenstehende Skizze (Fig. 1) soll einen Querschnitt durch den Knoten darstellen. Die schraffierte Partie innerhalb des Querschnittes ist die Region der roten Bündel. Das beschriebene Verhalten bleibt so ziemlich durch den ganzen Knoten hindurch dasselbe. An der Grenze zwischen Knoten und Internodium auf der anderen Seite sind alle Bündel verstopft. Im zentralen Teil des Internodiums sind die Verstopfungen weiter nach dem Knoten hin vorgeschoben; natürlich sind sie hier dunkel gefärbt. Die Intercellularen des Grundgewebes sind grösstenteils verstopft. Alle Bündel sind hier mit dunklen Verstopfungen versehen, sowohl diejenigen, welche im Knoten unverstopft sind, als auch diejenigen, welche dort mit hellen Verstopfungen ausgerüstet sind. Die aus dem Steckling in den Spross gehenden Bündel sind unverstopft.



Fig. 1.

Exemplar II. Der Steckling besteht aus einem Knoten und 2 Internodien. Das untere ist im Innern mehr als an den Rändern und auf der dem Spross zugekehrten Seite weniger als auf der entgegengesetzten zerstört. Im Knoten — die nebenstehende Figur 2 stellt eine Skizze des Knotenquerschnittes vor — sind in der schraffierten Partie die Bündel verstopft und rot gefärbt, die Intercellularen verstopft und das Gewebe zum Teil zerstört. Die helle Partie enthält verstopfte und unverstopfte Bündel und liegt auf der Seite des Sprosses. Nach dem Innern des Knotens zu verringert sich die schraffierte Partie, um auf der andern Seite des Knotens im früheren Umfang aufzutreten. Der Abschluss zwischen Knoten und oberem Internodium ist der gleiche wie zwischen Knoten und unterem Internodium.


Fig. 2.

Die aus dem Steckling in den Spross gehenden Bündel sind unverstopft.

Exemplar III. Steckling mit zwei Knoten. Am ersten Knoten sitzt unser Spross, am zweiten Knoten ist ein ganz kurzer kümmerlich entwickelter Spross vorhanden. Die beiden Knoten und das dazwischen liegende Internodium fühlen sich hart an. Im Internodium unterhalb des ersten Knotens nicht weit von diesem entfernt sind alle Bündel verstopft; die Verstopfungen sind fast alle dunkel gefärbt. Die Intercellularräume des Grundgewebes sind zum Teil verstopft.

Im Internodium zwischen den beiden Knoten sind die meisten Bündel in der Mitte unverstopft, die vorhandenen Verstopfungen gelb, meistens hellgelb gefärbt.

An der Grenze zwischen zweitem Knoten und darauf folgendem Internodium sind alle Bündel verstopft. Verstopfungen dunkel gefärbt. Intercellularen zum Teil verstopft.

Die aus dem zweiten Knoten in den kleinen Spross gehenden Bündel sind unverstopft, die durch den Knoten vertikal verlaufenden Bündel sind im Knoten unverstopft oder mit gelben Verstopfungen versehen.

Im ersten Knoten nur vereinzelte verstopfte Bündel, die Verstopfungen dann gelb gefärbt.

Der Verstopfungsmodus der Schnittflächen ist bei diesen drei Exemplaren der nämliche wie bei den anderen. Eine wesentliche Zerstörung des Stecklings hat, nachdem der erste Verschluss eingetreten ist, vielleicht mit Ausnahme des Exemplars II nicht stattgefunden. Der Stoffaustausch zwischen Steckling und Spross ist nicht unterbunden, da die aus den in diesen führenden Bündel frei von Verstopfungen sind.

Die Untersuchung der von mir ausgelegten Stecklinge lehrt unzweifelhaft, dass sie ein sehr hohes Alter im Boden erlangen können, dass sie von sehr ungleicher Lebensdauer sind, und dass diese abhängt von der Knospe resp. dem Spross. Es macht den Eindruck, als ob der Steckling um so länger am Leben bleibt, je lebenskräftiger das Organ ist, welches er trägt; demnach wirkt dies gleichsam konservierend auf ihn ein. Die Langlebigkeit der Stecklinge verliert viel von ihrem Überraschenden, wenn wir sie mit verwandten Erscheinungen vergleichen. Sie zeigen dasselbe Verhalten

wie die Stecklinge dikotyler Holzpflanzen. Auch bei diesen findet eine Wechselwirkung zwischen dem Spross und dem Steckling statt. Dieser ernährt anfänglich die wachsende Knospe, später wird ihm von den Blättern Nahrung zugeführt, um Holz für die Wasserleitung zu bilden und um als Reservestoffbehälter zu dienen. Bei den Holzstecklingen stellt der Steckling immer die organische Verbindung zwischen den Wurzeln und dem Blätter tragenden Spross dar, während der Zuckerrohrspross sich verhältnismässig zeitig ein eigenes Wurzelsystem schafft, so dass man den Eindruck gewinnt, der Steckling müsse nutzlos werden. Absolute Übereinstimmung ist zwischen dem Zuckerrohr und dem Holzsteckling nicht vorhanden, immerhin werden manche Vorgänge noch am verständlichsten, wenn man ihn mit diesem vergleicht. So hat man an im Boden liegenden Zuckerrohrstecklingen eine Zunahme des Zuckergehaltes beobachtet;[1] das entspricht der Nährstoffzufuhr von Seiten des Sprosses zum Holzsteckling. Auch die Abhängigkeit der Lebensdauer des Stecklings von der Lebensenergie der Sprosse wird unserem Verständnis durch einen solchen Vergleich näher gerückt. Ich habe schon oben darauf hingewiesen, dass bei Holzpflanzen die angeschnittene Axe bis zur nächsttieferen Knospe abstirbt; wird an einem Holzsteckling die Knospe getötet, so geht er zu Grunde, wenn es ihm an der Möglichkeit, Neubildungen zu produzieren, gebricht. Ebenso wird es dem Zuckerrohrsteckling ergehen, wenn seine Knospe oder sein Spross abstirbt. Entwickelt er sich aber kräftig, so bleibt der Steckling lange lebendig ähnlich wie der Holzsteckling. Zwischen diesen beiden Extremen dürfen wir wohl alle Übergänge erwarten. Stirbt der Spross ab, wird auch der Steckling zu Grunde gehen, entwickelt er sich langsam oder schwächlich, so wird der Steckling teilweise oder allmählich absterben. Unsere Beobachtungen drängen uns gleichsam zu der Auffassung, dass das Absterben des Zuckerrohrstecklings aus inneren Ursachen erfolgt. Ob dann dieser Vorgang lediglich aus inneren Ursachen erfolgt oder in Konkurrenz mit Einwirkungen der Umgebung, wäre noch näher zu entscheiden.

Die Möglichkeit eines Absterbens des Zuckerrohrstecklings aus inneren Ursachen sollte man im Auge behalten, wenn es sich um die Erklärung der Thatsache handelt, dass die Stecklinge

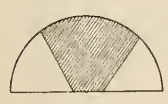
[1] Vergl. Benecke, l. c.

nach Auftreten der Sereh auf Java nicht mehr so langlebig sind wie vor der Zeit.

Es ist von vorne herein sehr wahrscheinlich, dass die Stecklinge des Cheribonrohres hinsichtlich der Verstopfung der durch das Schneiden hervorgerufenen Wunden sich gleich oder wenigstens sehr ähnlich verhalten wie das Rohr, welches uns zur Verfügung stand. Ich hätte sehr gerne den normalen Verstopfungsprozess bei dieser Varietät kennen gelernt, doch stand mir kein Steckling von gesundem Rohr zur Verfügung; dahingegen befanden sich unter meinem Material sieben Stecklinge, aus denen serehkrankes Rohr entstanden war. Die ältesten dieser Stecklinge (Exemplar 17, 18, 19, 13) hatten sechs, die anderen (Exemplar 6, 4, 5) vier Monate im Boden zugebracht. Diese sieben Stecklinge habe ich nun einer ebenso genauen mikroskopischen Untersuchung unterzogen wie die von mir ausgelegten und lasse die Ergebnisse derselben nachstehend folgen. Die Nummern bei „Exemplar" sind die nämlichen wie in dem Abschnitt „Beschreibung des Untersuchungsmateriales".

Exemplar 6. Zwei Knoten, das zwischen ihnen befindliche Internodium scheinbar gesund. Die beiden Internodien ausserhalb dieser Knoten sind ganz dunkel gefärbt und zerstört. Der Spross sitzt am ersten Knoten. Nur die eine Längshälfte des Stecklings steht mir zur Verfügung.

Zweiter Knoten. Von dem an diesen nach oben grenzenden Internodium sind nur zwei kleine Randpartien nicht vollständig zerstört, wie aus nebenstehender Skizze (Fig. 3) ersichtlich ist. Die schraffierte Partie ist dunkelrot bis schwarz. Abwärts nimmt diese Region an Umfang ab. Es treten dann in den beiden Randpartien unverstopfte Bündel auf. Noch weiter abwärts im Knoten verlieren sich die dunklen Verstopfungen allmählich. Auch vermindert sich die Zahl der verstopften Bündel ausserordentlich. Soweit an den farblosen Stellen Verstopfungen auftreten, sind sie meistens gelb gefärbt.


Fig. 3.

An der Übergangsstelle vom Knoten zu dem darunter befindlichen Internodium treten dann wieder dunkle Verstopfungen auf, auch wächst die Zahl der verstopften Bündel. Das Gewebe, welches sich nachher in das den zentralen Hohlraum des mittleren Internodiums umgebende fortsetzt, ist hier dunkel gefärbt, da die Intercellularen mit dunklen Verstopfungen erfüllt sind.

Ein Centimeter tiefer ist von diesem Gewebe nichts mehr vorhanden, dunkelgefärbte Bündel nur vereinzelt, wie die nebenstehende Skizze (Fig. 4) zeigt. Die Verstopfungen durchschnittlich hell- und dunkelgelb.

Fig. 4.

Wieder um einen Centimeter tiefer nur wenige Bündel verstopft, die Verstopfungen meistens hellgelb.

An der Grenze von unterstem Internodium und erstem Knoten ist fast alles dunkel gefärbt, etwas weniger auf der Seite des Sprosses. Hier kommen auch unverstopfte Bündel vor. — Die aus dem Steckling in den Spross gehenden Bündel sind nicht verstopft. — Der grösste Teil des Querschnittes (Fig. 6) ist dunkel gefärbt bis auf eine kleine Partie auf der Seite des Sprosses. Hier liegen einige unverstopfte Bündel und verstopfte Bündel mit gelben Füllungen. In der dunklen Partie sind alle Bündel mit dunklen Verstopfungen erfüllt und die Intercellularräume des Grundgewebes verstopft. Die dunkle Partie wird weiter aufwärts im Knoten von beiden Seiten aus eingeschränkt, ohne ganz zu verschwinden. Beim Übergange in das nächst höhere Internodium vergrössert sich diese Zone wieder etwas. In den hellen Partieen sind die Gefässbündel entweder unverstopft oder mit gelben Füllungen versehen. Die Zahl der unverstopften Bündel nimmt im Knoten von unten nach oben zu. Die dunkle Partie, allerdings ohne dass die Intercellularräume des Grundgewebes verstopft sind, setzt sich aufwärts im Internodium etwa 4—5 cm fort, indem allmählich die Zahl der dunklen und verstopften Bündel abnimmt. Demnach nimmt also im mittleren Internodium die Zahl der verstopften Bündel und die Intensität der Verstopfung von unten nach oben ab.

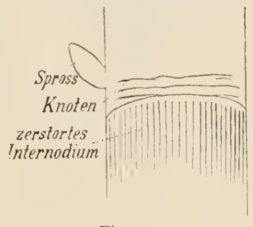


Fig. 5.

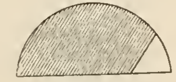
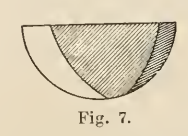


Fig. 6.

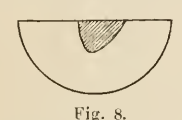
Überblicken wir die Angaben, so ergiebt sich, dass die Knoten gegen die äusseren Internodien vollständig abgeschlossen werden, dass ferner ein ähnlicher aber nicht so vollkommener Verschluss zwischen dem Knoten und dem mittleren Internodium erzielt wird. Die verstopften Bündel durchsetzen aber auch die Knoten namentlich im zentralen Teil. Die Bündel mit den hellen Verstopfungen und die unverstopften Bündel sind vorwiegend in den beiden Knoten und dem mittleren Internodium auf die mehr peripherischen Teile

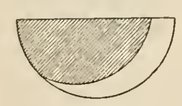
beschränkt. Begünstigt, d. h. in Bezug auf Ausbleiben von Verstopfungen ist immer die Seite, an welcher der Spross sitzt.

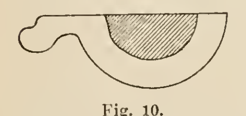
Exemplar 4. Es steht die eine Hälfte des längs gespaltenen Stecklings zur Verfügung, und zwar ist die Spaltung so ausgeführt, dass auch der Sprossansatz gespalten wurde. Der Steckling ist 16 cm lang und hat drei Knoten, am mittleren sitzt der Spross. Das Internodiengewebe ausserhalb der beiden Endknoten scheint ganz zerstört zu sein; das Knotengewebe hingegen ist grösstenteils erhalten geblieben. Das Internodium zwischen erstem und zweitem Knoten zeigt auf dem Querschnitt folgendes Verhalten (Fig. 7). In der schraffierten Partie ist alles verstopft und dunkel gefärbt, der doppelt schraffierte Teil ist noch fest, der unschraffierte Teil ist ungefärbt. Er entspricht im Knoten der Ansatzstelle des Sprosses und enthält vorwiegend unverstopfte Bündel.


Fig. 7.

Zweiter Knoten. Die schraffierte Partie ist auch hier wieder verstopft und dunkel gefärbt (Fig. 8). Die grosse helle Partie enthält vorwiegend unverstopfte Bündel, die Verstopften führen gelbe Verstopfungen. An der Grenze dieses Knotens und des zweiten Internodiums breitet sich die dunkle verstopfte Partie nach der Seite des Sprosses aus; hier werden die Bündel verschlossen und dem entsprechend ist dieser Teil im zweiten Internodium abgestorben, wie die nebenstehende Skizze zeigt (Fig. 9). Im Internodium zwischen dem zweiten und dritten Knoten liegt also die unverstopfte Partie auf der entgegengesetzten Seite wie im vorhergehenden Internodium. Die schraffierte Partie ist dunkel gefärbt und meistens zerstört. Die helle Partie entspricht der Stelle im dritten Knoten, wo das Auge sitzt. Sie enthält vorwiegend unverstopfte Bündel; die verschiedenen verstopften enthalten gelbe Verstopfungen. Im dritten Knoten (Fig. 10) sind Gewebe nur in der hellen Partie erhalten, in der schraffierten ist alles zerstört.


Fig. 8.


Fig. 9.


Fig. 10.

Die hellen Partien setzen sich nirgends schroff gegen die dunklen Partien ab, sondern gehen allmählich in einander über, gegen die äussersten Internodien sind natürlich die Endknoten abgeschlossen, soweit sie erhalten blieben.

Der Hauptsache nach ist also nur ein kleiner Teil des Gewebes erhalten, und zwar steht dies dann immer in Zusammenhang mit den Knospen, resp. den Sprossen.

Die aus dem Steckling in den Spross gehenden Bündel sind mit wenigen Ausnahmen unverstopft.

Exemplar 5. Steckling mit drei Knoten.

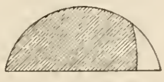
1.—.2 Knoten = 70 mm

2.—3. Knoten = 68 mm

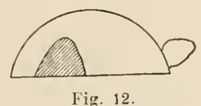
Es steht nur die eine Hälfte des längsgespaltenen Stecklings zur Verfügung.

Unterhalb des ersten Knotens befindet sich ein Stück Internodium, das schwarz gefärbt und augenscheinlich vernichtet ist (d. h. dunkel gefärbte Gefässbündel sind isoliert vorhanden.) Am zweiten Knoten befindet sich der Spross, am dritten Knoten eine Knospe. Alle drei Glieder tragen Wurzeln.

Erster Knoten. An ihm hat eine Knospe gesessen, die ausgebrochen ist. Wo der Knoten an das zerstörte Internodium grenzt, ist die ganze Fläche bis auf eine kleine Partie dunkel bis schwarz gefärbt, indem alle Gefässe mit dunkelrot gefärbten Massen verstopft sind und das dazwischen liegende Gewebe gleichfalls seine Farbe geändert hat. (Diese Partie ist in der nebenstehenden Skizze, Fig. 11, schraffiert worden.) Die helle Partie in unserer Skizze ist von normaler Farbe; sie befindet sich auf der Seite der ausgebrochenen Knospe. In ihr kommen Bündel ohne Verstopfungen vor; die auftretenden Verstopfungen sind gelb gefärbt. Das zwischen den Bündeln liegende Gewebe und sie selbst sind sonst von normaler Farbe und Beschaffenheit.


Fig. 11.

Geht man weiter aufwärts im Knoten, so verschwindet die gleichmässige Färbung des Gewebes vollständig. Die dunkle Färbung ist beschränkt auf die Gefässbündel. Die schraffierte Zone in Fig. 12 enthält die verstopften Bündel, deren dunkle Färbung schon mit blossem Auge sichtbar ist.


Fig. 12.

Die peripherisch gelegenen Bündel sind meistens ohne Verstopfungen. In der Uebergangszone von diesen zu der Region der dunkelroten Verstopfungen treten gelb gefärbte Verstopfungen mit verschiedenen Farbennüancen auf. Auf Seite der Knospe ist die Zone mit unverstopften Bündeln breiter als auf der anderen Seite.

Weiter aufwärts im Knoten vermindert sich die Zahl der verstopften Bündel, auch scheint die Färbung der Verstopfungen mehr ins Gelbe überzugehen. Eine zentrale Partie rotbrauner Bündel bleibt aber immer vorhanden, diese setzt sich durch den Knoten in das folgende Internodium fort. In ihm nimmt diese Zone bedeutend an Umfang zu, wie die nebenstehende Skizze (Fig. 13) erkennen lässt. Die schraffierte Zone ist dunkel gefärbt, aber nicht ausschliesslich durch die dunkle Färbung der Gefässverstopfungen — denn diese sind, freilich mit Ausnahmen, gelb — sondern vielmehr durch die dunkle Färbung des Grundgewebes. Die grössere Zahl der Gefässbündel in der äusseren Zone ist ohne Verstopfungen; die auftretenden Verstopfungen sind gelb. In der Nähe des zweiten Knotens nimmt die mittlere dunkle Partie an Umfang ab.

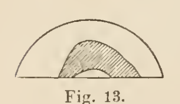
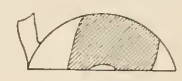


Fig. 13.

Zweiter Knoten. Die aus dem Steckling in den Spross gehenden Bündel sind zum Teil verstopft. Auf der Grenze zwischen dem Internodium und dem zweiten Knoten sind bedeutend mehr Gefässe verstopft als im Internodium. Die dunkle Färbung des mittleren Teiles rührt grösstenteils vom Grundgewebe her, dessen Intercellularen durch Gummi verstopft sind. Vorherrschend ist die dunkelgelbe bis braune Farbe der Verstopfungen. Dringt man weiter aufwärts in den Knoten ein, so vermindert sich die mittlere dunkle Partie bedeutend. Noch ist ein kleiner Teil des Grundgewebes mit Intercellularverstopfungen erfüllt. Die Zahl der verstopften Bündel hat sich bedeutend verringert. Im Innern des Knotens sind die Intercellularverstopfungen und damit die dunkle Färbung des Grundgewebes verschwunden. Verstopfte Bündel sind in grosser Zahl vorhanden, doch scheint die Zahl der unverstopften grösser zu sein. Das Knotengewebe ist kompakt; wo es aber übergeht in das nächst höhere Internodium beginnt ein zentraler Hohlraum, welcher das ganze Internodium durchzieht. An dieser Stelle treten Verstopfungen in den Intercellularen des Grundgewebes auf; dementsprechend dunkle Färbung des Gewebes.

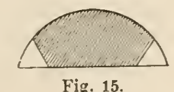
Im zweiten Internodium ist das unmittelbar an den zentralen Hohlraum grenzendeGewebe etwas dunkler gefärbt, aber es fehlt durchaus eine so ausgedehnte Zone wie im ersten Internodium. Es kommen verstopfte Gefässbündel vor, aber nicht besonders reichlich, und dann sind die Verstopfungen ganz hell gefärbt.

Im dritten Knoten nach oben hin zahlreiche Gefässbündel mit dunklen Verstopfungen; die dunkle Färbung mit blossem Auge sichtbar (schraffierte Region in nebenstehender Skizze, Fig. 14). Die peripherischen Bündel sind unverstopft. Zwischen ihnen und der schraffierten Zone eine Übergangszone. Nach dem zweiten Internodium zu verkleinert sich die schraffierte Zone. Im Innern des Knotens finden sich die dunkel gefärbten Bündel nicht mehr. Die verstopften Bündel führen hier gelbe Verstopfungen. Auch ist ihre Zahl bedeutend vermindert. An der Grenze des zweiten Internodiums nimmt ihre Zahl wieder zu. Im oberen Teil desselben sind die Verstopfungen dunkler gelb gefärbt als weiter unten, etwa in der Mitte. Der zentrale Hohlraum ist oben dunkler gefärbt infolge von Intercellularverstopfungen des Grundgewebes als unten. 1 cm unterhalb des dritten Knotens hat sich das vollständig verloren. Hier sind nur einige an den Hohlraum grenzende Bündel dunkel gefärbt und mit dunklen Verstopfungen versehen.


Fig. 14.

Auch dieser Steckling lässt erkennen, dass das Auftreten der Verstopfungen zunächst darauf abzielt, den Steckling gegen die Aussenwelt abzuschliessen. Es wird deshalb dieser zuerst an den beiden Enden verschlossen, später der Teil abgegrenzt, welcher den Spross trägt und zu seiner Ernährung bestimmt zu sein scheint. Einerseits schreitet die Zerstörung von aussen nach innen im Steckling fort, andererseits zentrifugal, indem die peripherischen Schichten am spätesten zerstört werden und augenscheinlich am längsten ihre Gefässbündel frei von Verstopfungen bewahren.

Exemplar 13. Steckling mit sieben Knoten 78 mm lang. Erster Knoten vernichtet, erstes Internodium bis auf eine kleine Zone in der Nähe des Sprosses am zweiten Knoten gleichfalls vernichtet. In der Nähe des Knotens ist mehr erhalten. In der nebenstehenden Skizze (Fig. 15) bedeuten die hellen Flecken unverstopfte Bündel und solche mit hellen Füllungen. Im Knoten ist das Gewebe homogen. Der schraffierte Teil ist dunkel gefärbt. Die Gefässbündel sind durch dunkel gefärbte Füllungen verstopft. Auch sind die Intercellularen des Grundgewebes verstopft. Die aus dem Knoten in den Sprossansatz gehenden Bündel sind grösstenteils verstopft, einzelne Bündel unverstopft.


Fig. 15.

Mehr im Innern des Knotens vermindert sich die schraffierte Partie etwas. Beim Übergang in das zweite Internodium vergrössert sich diese Partie wieder. In der dunklen Partie sind die Bündel mit dunklen Verstopfungen erfüllt, in der hellen Partie mit gelben Verstopfungen. (Dunkle Partie in nebenstehender Skizze, Fig. 16, schraffiert.)

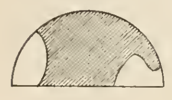


Fig. 16.

Vom dritten Knoten an aufwärts sieht alles Gewebe mit blossem Auge gesund und normal aus. Im dritten Knoten ist noch ein grosser Teil der Bündel verstopft. Die Verstopfungen sind meistens gelb gefärbt in verschiedenen Nüancen. Die von diesem Knoten in den Sprossansatz gehenden Bündel sind mit wenigen Ausnahmen verstopft.

Im dritten Internodium kommen neben unverstopften Bündeln viele mit gelben Verstopfungen versehene Bündel vor. Ebenso ist es im vierten Internodium. Die grössere Zahl der Bündel scheint verstopft zu sein, gelb in verschiedenen Nüancen. In diesem wie im vorhergehenden Internodium ist eine Wunde vorhanden, welche sich jedoch nicht tief in das Gewebe hinein erstreckt.

Die vom vierten Knoten in den Sprossansatz gehenden Bündel sind mit wenigen Ausnahmen verstopft.

Im fünften Internodium sind viele oder die meisten Bündel verstopft und die Verstopfungen gelb gefärbt.

Im sechsten Internodium verhält es sich wie im fünften Internodium.

An der oberen Grenze des siebenten Knotens ist alles verstopft und dunkel gefärbt.

Die Knoten vier und fünf verhalten sich wie die zugehörigen Internodien.

Exemplar 17. Steckling mit vier Knoten, 70 mm lang. Der Spross sitzt am zweiten Knoten. Die aus dem Steckling in den Spross gehenden Gefässbündel sind zum grösseren Teil verstopft.

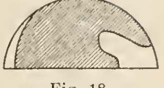
Mit blossem Auge betrachtet, erscheint der vorhandene halbe Steckling dunkelgefärbt. An der unteren Grenze des ersten Knotens sind alle Bündel verstopft, meistens auch die Intercellularen des Grundgewerbes.

Fig. 17.

Erstes Internodium: es kommt nur eine ganz kleine helle Stelle vor, welche auf der nebenstehenden Skizze (Fig. 17) kenntlich ist.

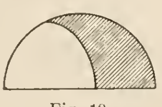
Zweites Internodium: ungefähr ebenso.

Drittes Internodium: zwei helle Partien; in jeder kommen unverstopfte Bündel vor (Fig. 18).


Fig. 18.

An der oberen Grenze des vierten Knotens ist alles verstopft und dunkel gefärbt.

Die nebenstehende Skizze (Fig. 19) stellt einen Querschnitt durch den zweiten Knoten dar. Die helle Partie enthält unverstopfte Bündel, aber noch mehr Bündel mit gelben Verstopfungen. Sie liegt auf der Knospenseite.


Fig. 19.

Das dunkel gefärbte Gewebe ist in den Skizzen schraffiert gezeichnet worden. Hier sind auch stets die Intercellularen des Grundgewebes verstopft.

Exemplar 18. Der Steckling macht äusserlich einen sehr zerstörten Eindruck, als wenn an ihm gefressen worden wäre, so dass er nicht nach Rohr aussieht. Vier Knoten; am zweiten und vierten Knoten je ein Spross; unser Spross sass am zweiten Knoten. Ein Querschnitt durch diesen Spross etwa einen Centimeter über dem Steckling zeigt den grössten Teil der Gefässbündel verstopft mit gelben Füllungen, unmittelbar über dem Steckling die grosse Masse der Gefässbündel verstopft, aber auch eine Reihe von Bündeln unverstopft.

Das Internodium unmittelbar über dem zweiten Knoten ist grösstenteils dunkel gefärbt und zerstört. Ein kleiner heller Fleck findet sich; er enthält grösstenteils unverstopfte Bündel. Abwärts vergrössert sich dieser helle Fleck. Im Knoten hat er seine grösste Ausdehnung. Das Randgewebe ist auf drei Seiten in den Bündeln verstopft; der Steckling ist so weit abgenagt, dass auf diesen drei Seiten die Gefässbündel freiliegen. Dieser helle Fleck mit den unverstopften Bündeln durchzieht, freilich etwas verkleinert, das ganze darunter befindliche Internodium und den ersten Knoten. Im Internodium unter diesem werden die Bündel verstopft.

Dieser helle Fleck setzt sich nach der andern Seite vom zweiten Knoten durch das folgende Internodium, den dritten Knoten, das Internodium zwischen dem dritten und vierten Knoten bis in diesen fort, wo der Fleck wieder einen grösseren Umfang annimmt.

Diese unverstopften Bündel werden, soweit sie nicht in den am vierten Knoten sitzenden Spross eintreten, am Ende des Stecklings, d. h. etwa auf der Grenze des vierten Knotens in den an ihm

sitzenden Spross eintreten, sind zum Teil verstopft, zum Teil unverstopft.

Der helle Fleck, welcher sich am zweiten und vierten Knoten wenig vergrössert, ist ungefähr 25 Quadratmillimeter gross.

Exemplar 19. Der Länge nach gespaltener Steckling, die eine Hälfte untersucht. Acht Knoten. Länge: 1.—8. Knoten = 100 mm. Unser Spross sitzt am fünften Knoten. Ausserdem Sprossansatz am dritten, sechsten und siebten Knoten.

Im zweiten Knoten alles zerstört bis auf eine kleine Partie in der Nähe des Sprosses. In diesen Spross gehen verstopfte und unverstopfte Bündel. Entsprechend den drei auf derselben Seite sitzenden Sprossen (dritten, fünften, siebten Knoten) sieht man auf dem halben Steckling, etwa vom zweiten Knoten an bis zum siebten, durch Knoten und Internodium hindurch eine helle Zone laufen.

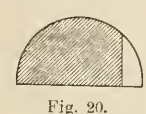


Fig. 20.

Sechstes Internodium: In der hellen Partie sind die Bündel unverstopft, nach der Grenze zum dunkel gefärbten Teil zu mit hellen Verstopfungen versehen (Fig. 20).

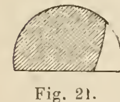


Fig. 21.

Fünftes Internodium: ebenso (Fig. 21).

Viertes Internodium: ebenso.

Die vom fünften Knoten in unseren Spross gehenden Bündel sind grösstenteils verstopft, auch einige unverstopft.

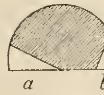


Fig. 22.

Im Internodium 3 (Fig. 22) treten zwei helle Partien auf, in a eine ganze Reihe unverstopfter Bündel, in b nur vereinzelte unverstopfte Bündel.

Im Internodium 2 alles verstopft und zerstört.

Im Knoten 3 oder im Internodium 2 sind alle die unverstopften Bündel schliesslich verstopft. In den an diesem Knoten sitzenden Spross gehen nur verstopfte Bündel hinein.

Auch hier bedeutet in den Skizzen das Schraffierte die dunkel gefärbte Gewebemasse.

Die javanischen Stecklinge sind unverkennbar in derselben Weise verstopft worden wie meine, und ihre Zerstörung scheint denselben Gang genommen zu haben. Es steht also hiernach mit Recht zu vermuten, dass normalerweise am gesunden Rohre von Teboe Cheribon die Verstopfungen ebenso und an denselben Stellen auftreten wie an meinen Stecklingen. Der genaue Gang der Zer-

störung der javanischen Stecklinge ist sicher an meinem Material nicht festzustellen, das muss Studien an Ort und Stelle überlassen bleiben. In den Hauptzügen ist das Fortschreiten der Verstopfung folgendes. Zunächst tritt an den Stellen, wo die Knoten an die angeschnittenen Internodien grenzen, Verstopfung auf. Dann kann eine weitere Abgrenzung des Knotens auf der anderen Seite gegenüber dem Internodium eintreten; denn die Internodien unterliegen augenscheinlich leichter der Zerstörung als der Knoten. In den Internodien sehen wir die Verstopfungen von der Mitte nach dem Rande zu auftreten. Hier in der Mitte wird später eine Zerstörung des Grundgewebes herbeigeführt, sodass die Gefässbündel isoliert werden. Soweit Verstopfungen innerhalb des Knotens auftreten, beginnen sie auf der von dem ansitzenden Spross abgewandten Seite und greifen allmählich auf diese über. Hier kann entweder eine Partie ganz freibleiben, oder alle Gefässe, selbst die in den Spross führenden, werden verstopft. Hinsichtlich der die Verstopfungen begleitenden Farbenerscheinungen verhalten sich diese Stecklinge wie meine und wie die Wunden, welche durch Bohrer etc. hervorgerufen werden. Die ursprünglich gelben Verstopfungen gehen durch alle früher erwähnten Farbennüancen bis Dunkelrot durch. An dieser Begleiterscheinung lässt sich auch der Gang der Verstopfung verfolgen: im Internodium von dem Zentrum aus nach dem Rande, innerhalb des Knotens von der dem Spross abgewandten Seite auf diesen zu.

Die Wahrnehmung, dass an diesen javanischen Stecklingen die Internodien eher als die Knoten und an diesen die vom Spross abgewandte Partie eher als die demselben anliegende verstopft und schliesslich zerstört wird, steht mit den Beobachtungen an meinen Stecklingen in vollem Einklange und bestätigt nur, was auf Java allgemein bekannt ist, dass die Knoten länger erhalten bleiben als die Internodien. Ich glaube, dass diese Thatsache volle Beachtung verdient, und dass sie in dem Sinne aufgefasst werden muss, wie ich oben andeutete, dass der Spross sozusagen konservierend auf das Stecklingsgewebe wirkt, und dass mit der Möglichkeit eines Absterbens der Stecklinge aus inneren Ursachen zu rechnen ist. Sollte diese Vermutung zutreffen, so würden aus inneren uns unbekannten Ursachen die Gefässbündel verstopft werden, zuerst die am weitesten vom Spross entfernten, dann die dem Spross mehr genäherten. Ein Analogon zu dieser Erscheinung wüsste ich nur

in der Verstopfung der Gefässe im Splint- und Kernholz der Bäume. Auch hier geht sie aus lediglich inneren Ursachen hervor, welche uns aber gleichfalls unbekannt sind. Das langsamere oder schnellere Absterben des Stecklings wäre dann durch die Natur und Beschaffenheit des betreffenden Sprosses bedingt.

Wollte man annehmen, dass die Zerstörung des Stecklings durch die Einwirkung von Parasiten oder der Stoffwechselprodukte saprophytischer Pflanzen bedingt wäre, so bliebe meines Erachtens nach vollständig unerklärt, warum die Knoten schwerer als die Internodien und die dem Spross abgewandten Teile im Knoten wieder leichter als die dem Spross anliegenden zerstört werden. Dass Stecklinge wie unsere javanischen, wenn man sie aus dem Boden nimmt, einen verrotteten Eindruck machen, ist nicht zu verwundern, auch dürften Mikroorganismen in reicher Menge zugegen sein und sich durch ihre Stoffwechselprodukte bemerkbar machen, ohne dass sie den Anlass zur Zerstörung geben: denn wenn das Gewebe aus inneren Ursachen abstirbt, fällt den Saprophyten natürlich eine sichere Beute zu.

Vergleiche ich meine Untersuchungen der javanischen Stecklinge, welche serehkranke Pflanzen erzeugt haben, mit denen an den von mir ausgelegten Stecklingen, so ist ein prinzipieller Unterschied nicht festzustellen, sondern nur ein quantitativer und auch das kaum, wenn wir berücksichtigen, dass sich unter meinen Stecklingen solche befanden, welche soweit zerstört waren, dass sie nicht mehr untersucht werden konnten. Da das Rotwerden der Cheribonstecklinge vor dem Auftreten der Sereh in Java nicht bekannt war, so ist die Erscheinung als ein Symptom der Sereh aufgefasst und von Benecke als „Rotfäule“[1] bezeichnet worden. Nach meinen obigen Auseinandersetzungen lässt sich vor der Hand nichts dagegen einwenden, diese Erscheinung als ein Symptom der Sereh zu bezeichnen, denn thatsächlich gehen ja aus solchen Stecklingen serehkranke Pflanzen hervor, nur darf meiner Ansicht nach das Auftreten der zahlreichen Verstopfungen und des roten Farbstoffes nicht auf die Rechnung von aus dem Boden in den Steckling eindringenden Parasiten oder in demselben lebenden Saprophyten gesetzt werden; denn die-

[1] Over de met roodkleuring gepaard gaande verrotting der stekken van het suikerriet. l. c.

selben Erscheinungen greifen bei unserem Rohr hier Platz und treten an jeder Wunde des Stockes auf. Man wird immer wieder darauf hingeführt, in dem Steckling selbst die Ursache der Erscheinung zu suchen.

Da das Cheribonrohr auf eine Verletzung ebenso wie anderes Rohr in einer ganz bestimmten Weise reagiert, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass auch vor dem Auftreten der Sereh auf Java der Wundreiz an den Stecklingen den nämlichen Wundverschluss hervorgerufen hat, wie heutigen Tages. Ebenso wie meine eigenen Stecklinge alle möglichen Grade der Verstopfung und Färbung aufweisen, muss es unbedingt auch für Teboe Cheribon zutreffen. Wenn sich damals die Stecklinge länger hielten und auch die rote Färbung nicht zeigten, so dürfen wir wohl annehmen, dass der durch Verstopfung auftretende Verschluss an den äussersten Knoten nicht von Verstopfungen in anderen Teilen des Stecklings begleitet war. Nach Dr. Ostermann[1] waren aber auch die angeschnittenen Internodien wie immer verrottet, nur sollten sie keine rote sondern eine graue Farbe besessen haben. Er stellte das an Stecklingen fest, welche 16 Monate im Boden gelegen hatten. Ob man auf diese Angaben hin behaupten darf, dass an jenen Stecklingen die Rotfärbung der Verstopfungen ausblieb, möchte ich sehr bezweifeln. Da die Stecklinge nicht mikroskopisch untersucht worden sind, kann sich die Färbung der Verstopfungen in der abschliessenden Schicht zwischen den angeschnittenen Internodien und dem benachbarten Knoten wohl der Wahrnehmung entzogen haben, während die ursprüngliche Rotfärbung der angeschnittenen Internodien mit der fortschreitenden Zerstörung wieder verschwunden sein kann, denn was den Stecklingen auf grössere Strecken hin ein rotes Aussehen verleiht, sind weniger die Gefässbündel als das gefärbte Grundgewebe. Ist dies zerstört, wird auch die intensive Rotfärbung verschwunden sein. Die Ostermannschen Angaben sind hinsichtlich der Rotfärbung zu wenig detailliert, als dass sie imstande wären, die Allgemeingültigkeit der beobachteten Erscheinung zu entkräften. Die Rotfärbung tritt auf bei Wunden am Stock von Teboe Cheribon, an den Stecklingen und am Stock des in Braunschweig kultivierten

---

[1] Erwähnt bei F. Benecke, Over de met roodkleuring gepaard gaande verrotting der stekken van het suikerriet. — Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java" te Semarang. 1891, p. 2.

Zuckerrohres, vielleicht bei jeder Saccharum-Art und -Varietät. Jedenfalls ist sie von Benecke noch an verschiedenen Rohrarten wahrgenommen worden, welche möglicherweise nicht zu S. officinarum gehören. Von folgenden Rohrsorten grub er je einen Steckling, der 15 Monate im Boden zugebracht hatte, aus und bestimmte, wieviel Prozent der vorhandenen Internodien noch weiss waren, während der Rest rot war.[1]

Teboe Kava	(Nr. 195)[2]	6 %	Teboe Idjo (Hongkong)	(Nr. 11)	40 %
„ Troeboe	(„ 38)	11 „	„ Glonggong	(„ 37)	65 „
„ Sawoer	(„ 173)	20 „	„ Glagah	(„ 36)	73 „
„ Tjibaran	(„ 138)	33 „			

Wir werden kaum daran zweifeln können, dass die rote Farbe eine für Saccharum charakteristische Begleiterscheinung ist. Oben habe ich darauf hingewiesen, dass die rote Färbung nur die letzte Phase der Entwicklung der Verstopfungen andeutet. Es fehlt an Anhaltspunkten, dass sie etwas Pathologisches ist, d. h. dass sie dadurch hervorgerufen wird, dass fremde Organismen, Mikroorganismen, in den gelben Verstopfungen durch Oxydation oder auf anderem Wege einen roten Farbstoff bilden. Die Farbenveränderungen, welche die Verstopfungen bei Wunden oder in den Stecklingen erleiden, werden ebenso wie die Farbenveränderungen der Verstopfungen im Splint- und Kernholz mancher Laubbäume durch die angrenzenden lebenden Zellen bedingt oder entstehen als chemische Verbindung unter der Einwirkung der Atmosphärilien. Den roten Farbstoff in den serehkranken Pflanzen liefernden Stecklingen als pathologische Erscheinung anzusehen, ist deshalb ungerechtfertigt. Er ist immer an die Verstopfung gebunden — was unter Umständen eine Verteilung von hier aus auf die angrenzenden Elemente nicht ausschliesst —, das Pathologische kann also nur in der vermehrten Bildung von Verstopfungen gegenüber früheren Zeiten gesehen werden, die Ursache ihres Auftretens aber muss im Steckling und seinen Sprossen gesucht werden. Natürlich würde es sehr erwünscht sein, das Verhalten der Stecklinge hinsichtlich des Auftretens der Verstopfungen und ihrer Zerstörung unter Ausschluss der Mikroorganismen des Bodens durch entsprechende Sterilisation zu untersuchen.

[1] l. c., p. 18.

[2] Die eingeklammerten Nummern beziehen sich auf das Varietäten-Verzeichnis der Versuchsstation „Midden-Java“.

C. Auftreten der Verstopfungen im Stock von Saccharum unabhängig von Verwundungen.

Schon bei den Stecklingen haben wir das Auftreten von Verstopfungen der Gefässbündel, welche über einen notwendigen Wundverschluss hinausgehen, kennen gelernt und haben dieselben auf innere Reize, auf etwa von den Knospen oder Sprossen ausgehende Reize, zurückführen müssen. Derartige, von Verletzungen unabhängige Verstopfungen der Gefässbündel werden auch im Stock des Zuckerrohres, namentlich des serehkranken beobachtet, ja sie haben die Aufmerksamkeit der Forscher überhaupt erst auf die Zuckerrohrverstopfungen hingelenkt und wurden in letzter Linie auch die Veranlassung zu dieser Untersuchung. Sie sollen in sehr grosser Menge auftreten und in um so grösserer Zahl, soweit dieser Punkt überhaupt näher geprüft worden ist, je kranker das Rohr ist. Von Janse[1] ist sogar auf diese Kategorie von Verstopfungen der charakteristische Wuchs des serehkranken Rohres zurückgeführt worden. Nach ihm sollen die Wasserbahnen in den Gefässen durch diese Verstopfungen verlegt und durch die so unterbundene oder stark verringerte Wasserzufuhr der zwergartige Wuchs der serehkranken Pflanze hervorgerufen werden. Schon an anderer Stelle[2] habe ich meinen Bedenken gegen diese Ansicht Ausdruck gegeben, allerdings bevor ich das kranke Rohr selbst gesehen hatte. Die Untersuchung des vorliegenden Materials hat mich aber lediglich in meiner alten Anschauung bestärkt. Janse gründet seine Ansicht auf einige Filtrationsversuche mit gesundem und krankem Rohr. Die geringere Filtrationsmenge bei letzterem führt er auf die Verstopfungen der Gefässe zurück. Er hat sich aber nicht durch ausgedehnte Untersuchungen davon überzeugt, dass wirklich ein Parallelismus zwischen der Hemmung des Wachstums und der Zahl der Verstopfungen besteht und dass diese dem gesunden Rohr vollständig abgehen, wie es seine Theorie verlangt. Weil eine genaue Kenntnis dieser Verhältnisse erforderlich ist, um endgültig

---

[1] Proeve eener verklaring van sereh — verschijnselen. Mededeelingen uit's Lands Plantentuin. VIII. Batavia 1891.

[2] In Dr. F. Benecke, Sereh, Onderzoekingen en beschouwingen over oorzaken en middelen. 5e Aflevering. Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java". Semarang 1892.

über den Wert der Janseschen Theorie zu urteilen, habe ich mein Material sehr eingehend auf die Verbreitung dieser Verstopfungen untersucht. Natürlich habe ich es nicht sozusagen von Kopf bis zu Fuss zerschnitten, um es nicht für die Prüfung anderer Fragen unbrauchbar zu machen, sondern mich darauf beschränkt, einen Teil der Pflanzen eingehender und die übrigen kursorisch, wenn auch in sachgemässer Weise, zu untersuchen.

Ich begann meine Untersuchung mit solchen Exemplaren, welche dem äusseren Aussehen nach am krankhaftesten waren. Da ich im Beginne dieser Abhandlung meine Pflanzen eingehend beschrieben habe, muss ich in Bezug auf das Äussere derselben und ihre Wuchsverhältnisse auf jene Zusammenstellung verweisen. Ich werde mich hier damit begnügen, unter Bezugnahme auf die Nummern den Befund der mikroskopischen Untersuchung mitzuteilen.

Nr. 11 a.	1. Knoten:		ziemlich viel verstopfte Bündel
	2. „		ca. 20 verstopfte Bündel
		2. Internodium:	einige Gefässbündel mit Verstopfungen
	3. „		70 Bündel mit Verstopfungen
		3. „	41 „ „ „
	4. „		52 „ „ „
		4. „	47 „ „ „
	5. „		41 „ „ „
		5. „	50 „ „ „
	6. „		einige 50 „ „
		6. „	„ 50 „ „
	7. „		„ 50 „ „
		7. „	„ 50 „ „
	8. „		13 Bündel „ „
		8. „	20 „ „ „
	9. „		23 „ „ „
		9. „	32 „ „ „
	10. „		12 „ „ „
		10. „	23 „ „ „ (aber eine Wunde vorhanden)
	11. „		13 Bündel mit Verstopfungen
		11. „	10 „ „ „

	Knoten	Internodium	Befund
	12. Knoten:		keine Bündel mit Verstopfungen
		12. Internodium:	„ „ „ „
	13. „		„ „ „ „
		13. „	„ „ „ „

Um obige Zahlen in das richtige Licht zu rücken, mag darauf hingewiesen werden, dass im 10. Internodium sämtliche Gefässbündel gezählt wurden. Es ergab sich der grosse Betrag von 900.

	Knoten	Internodium	Befund
Nr. 11 b.		3. Internodium:	51 Bündel mit Verstopfungen
	4. Knoten:		5 „ „ „
	5. „		47 „ „ „
	6. „		48 „ „ „
	7. „		27 „ „ „
		7. „	12 „ „ „
	8. „		4 „ „ „
	12. „		keine „ „ „

	Knoten	Internodium	Befund
Nr. 15 a.	3. Knoten:		die grössere Zahl der Bündel verstopft.
		3. Internodium:	20 verstopfte Bündel.

Abwärts von hier wurde nur ein medianer Längsschnitt ausgeführt. Es scheint alles verstopft zu sein.

Knoten	Internodium	Befund
4. Knoten:		27 Bündel mit Verstopfungen
	4. Internodium	5 „ „ „
5. „		16 „ „ „
	5. „	3 „ „ „
6. „		10 „ „ „
	6. „	3 „ „ „
7. „		13 „ „ „
	7. „	6 „ „ „
8. „		7 „ „ „ 2 davon in der Nähe einer Wundstelle
	8. „	4 Bündel mit Verstopfungen
9. „		8 „ „ „
	9. „	4 „ „ „
10. „		27 „ „ „ Sie liegen alle zusammen in der Nachbarschaft des Auges, das hier ausgebrochen ist.
	10. „	keine Bündel mit Verstopfungen

11. Knoten: 2 Bündel mit Verstopfungen
11. Internodium: 3 „ „ „ 2 davon in der Nähe einer Wundstelle.
12. „ 20 Bündel mit Verstopfungen, eine Gruppe von 16 auf seiten der Knospe.
12 „ es ist ein Loch vorhanden; die um dasselbe herumliegenden Bündel sind verstopft; ausserdem eine Gruppe von 30 verstopften Bündeln.

Die grossen Wurzeln der ersten acht Knoten wurden auf Verstopfungen untersucht. Nur an zwei Wurzeln wurde je eine Stelle gefunden, wo die primären Gefässe verstopft sind. Übrigens fehlen die Spitzen der Wurzeln.

Nr. 16. Längs- und Querschnitt durch den Ansatz am Spross: es scheinen so ziemlich alle Gefässbündel verstopft zu sein.
4. Knoten: viele verstopfte Bündel, immerhin noch eine ganze Reihe unverstopfter.
4. Internodium: 72 Bündel mit Verstopfungen
5. „ 61 „ „ „
5. „ 58 „ „ „
6. „ 46 „ „ „
6. „ 64 „ „ „
7. „ 46 „ „ „, inklusive den um 2 vorhandene Löcher herumliegenden.
7. „ ca. 50 Bündel mit Verstopfungen, es ist ein grosses Loch vorhanden.
8. „ 46 Bündel mit Verstopfungen
8. „ 44 „ „ „
9. „ 20 „ „ „
9. „ 13 „ „ „
10. „ die grössere Zahl der Gefässbündel unverstopft. An der einen Ecke eine Wundstelle. Die an sie angrenzenden Gefässe verstopft. Ausserdem eine Menge anderer verstopfter Gefässe.
10. Internodium: zahlreiche Bündel m. Verstopfg.
11. Knoten: 3 „ „ „
11. „ 3 „ „ „

12. Knoten: keine Bündel mit Verstopfungen
12. Internodium: „ „ „ „
13. „ „ „ „ „

Bis zum 10. Internodium inklusive ist nur die eine Hälfte des Sprosses geprüft worden. Am untersten Stück, etwa am dritten Knoten entspringt ein Seitenspross, ebenfalls am siebenten Knoten und zwar einer von ziemlicher Grösse. Im ersteren Falle treten im Seitenspross keine verstopften Bündel auf, im zweiten Fall einige, welche wahrscheinlich mit Verwundungen im Zusammenhang stehen, welche sich weiter aufwärts im Seitenspross finden.

Bis zum siebten Knoten etwa reichlich Wurzeln vorhanden. einige Wurzeln werden untersucht, soweit sie noch vorhanden sind, keine Verstopfungen.

Nr. 19. Vom Steckling ab ca. 14 cm hoch. Das obere Stück etwa 8 cm hoch, das untere etwa 6 cm Fig. 23. Letzteres besitzt mehr Knoten als gezeichnet worden sind. Ihre Zahl wurde nicht ermittelt.

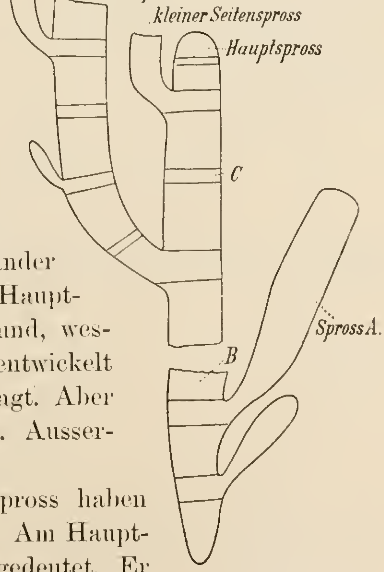
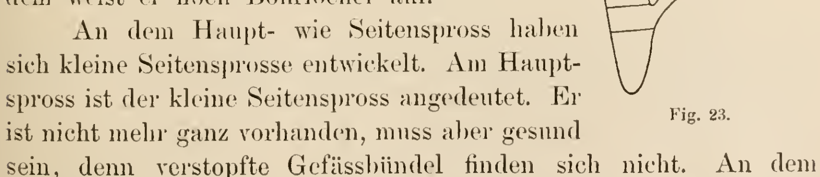


Fig. 23.

Die ganze Pflanze ist noch in den stehen gebliebenen Blattscheiden eingeschlossen und ist bis oben hin bewurzelt. Die Wurzeln sind gross, während die des Stecklings klein und gering an Zahl sind.

Der Hauptspross ist, wie sich aus dem Längsschnitt ergiebt, an der Spitze vernichtet. Die Wundränder sind verstopft. Die Vernichtung des Hauptsprosses ist augenscheinlich der Grund, weshalb sich der grosse Seitenspross entwickelt hat, welcher den Hauptspross überragt. Aber auch er ist an der Spitze vernichtet. Ausserdem weist er noch Bohrlöcher auf.



An dem Haupt- wie Seitenspross haben sich kleine Seitensprosse entwickelt. Am Hauptspross ist der kleine Seitenspross angedeutet. Er ist nicht mehr ganz vorhanden, muss aber gesund sein, denn verstopfte Gefässbündel finden sich nicht. An dem Seitenspross sind mehrere Sprosse entwickelt worden. Zwei kleine

Sprosse sind in der Zeichnung angedeutet worden, ein dritter etwas grösserer sitzt tiefer und so, dass er nicht in der Zeichnung veranschaulicht werden konnte.

Am unteren Stück sind auch zwei Seitensprosse zur Entwickelung gekommen. Die Gefässbündel, welche aus dem Steckling in den Spross übertreten, sind zum grossen Teil verstopft.

In den Knoten des unteren Stückes kommen Verstopfungen vor, aber nicht viele. Bei B finden sich einige 40 Bündel, bei C kommen gleichfalls verstopfte Bündel vor, aber nicht übermässig reichlich.

In dem Stück, welches vom Ansatz des Sprosses an aufwärts 31 mm lang ist, nimmt die Zahl der Verstopfungen nach oben hin zu. Deshalb wurden fünf Wurzeln aus diesem Stücke auf Verstopfungen untersucht. Von diesen waren drei vollständig frei von Verstopfungen; die beiden anderen hatten Verstopfungen und zwar in allen Teilen. Bei der einen war etwa die Hälfte der Gefässe verstopft, aber nicht an der Ansatzstelle, sondern bedeutend weiter abwärts (an der Ansatzstelle waren nur zwei Gefässe verstopft). Bei der anderen Wurzel waren freilich nicht so viel, aber immerhin eine ganze Zahl Gefässe verstopft.

Auch von dem folgenden 18 mm langen Stück wurden drei Wurzeln geprüft:

1. Wurzel: unten einige primäre Gefässe verstopft.
2. „ an einer Stelle ist ein Gefäss verstopft, oben und unten davon nicht. Augenscheinlich örtliche Beschädigung.
3. „ keine Verstopfungen an irgend einem Teil.

Nr. 12. 4. Knoten: zahlreiche Gefässbündel mit Verstopfungen
8. „ 290 Gefässbündel mit Verstopfungen. Im ganzen sind vorhanden 750 Bündel. Die Verteilung der verstopften Bündel ist derartig, dass auf Seite des Seitensprosses weniger verstopfte Bündel vorhanden sind.

16.	Knoten:	57	Bündel	mit	Verstopfungen.
19.	„	14	„	„	„
21.	„	39	„	„	„
18.	Internodium	20	„	„	„
23.	„	41	„	„	„
24.	„	41	„	„	„ Hier ist ein Bohrloch vorhanden.

Nr. 1. Anzahl der vorhandenen Bündel.

6. Knoten:		819 Bündel.	300	Bdl. m. Verstopfg.
	8. Internodium:		97	„ „ „
10. „			zahlreiche	„ „ „
	10. „		52	„ „ „
	12. „	853 „	203	„ „ „
15. „			zahlreiche	„ „ „
	15. „	832 „	189	„ „ „
17. „			zahlreiche	„ „ „
	20. „	886 „	176	„ „ „
22. „			zahlreiche	„ „ „
	24. „		162	„ „ „
	28. „		94	„ „ „
29. „			einige	„ „ „
	33. „		76	„ „ „
34. „			einige	„ „ „
	37. „		12	„ „ „
38. „			vereinzelte	„ „ „
	40. „		2	„ „ „

Nr. 4.

Sprossansatz: (Querschnitt)		8	Bündel mit Verstopfungen
4. Knoten:		27	„ „ „
5. „		6	„ „ „
10. „		keine	„ „ „
	9. Internodium:	„	„ „ „
	12. „	„	„ „ „

Nr. 6.

4. Knoten:	keine	Bündel mit Verstopfungen
10. „	„	„ „ „
14. „	„	„ „ „

Nr. 7.

	9. Internodium:	keine	Bündel mit Verstopfungen
10. Knoten:		„	„ „ „
14. „		4	„ „ „
17. „		keine	„ „ „
21. „		4	„ „ „

Nr. 8. Im untersten Teil wurde ein tangentialer Längsschnitt hergestellt: keine Bündel mit Verstopfungen

6. Knoten:	„	„ „ „
15. „	„	„ „ „
19. „	„	„ „ „

Nr. 10. Durch den untersten Teil des Sprosses wurde ein tangentialer Längsschnitt ausgeführt: keine Bündel mit Verstopfungen
5. Knoten: „ „ „ „
10. „ „ „ „ „

Im 4. Internodium Anfänge von Verstopfungen im Siebteil vereinzelter Bündel.

Nr. 3. 1. Knoten: etwa 20 Bündel mit Verstopfungen. Vorwiegend treten die Verstopfungen in den Siebteilen auf. Soweit Gefässe verstopft sind, scheinen sie nicht mit Gummi erfüllt zu sein.
5. Knoten: keine Bündel mit Verstopfungen. Es ist eine kleine Wunde vorhanden. Um diese herum treten verstopfte Gefässbündel auf.
8. Knoten: 3 Bündel mit Verstopfungen.
8. Internodium: 21 „ „ „ Die Verstopfungen treten hier aber nur im Siebteil auf.
18. Knoten: 4 Bündel mit Verstopfungen. Vorwiegend auch hier die Verstopfungen im Siebteil.
22. Knoten: Keine Bündel mit Verstopfungen.
30. Internodium „ „ „ „

Die vorstehenden 13 Pflanzen resp. Sprosse sind etwas eingehender untersucht worden, um einen Anhalt zu gewinnnen, in welcher Weise die Verstopfungen aufzutreten pflegen. Beim übrigen Material wurden aus verschiedenen Abschnitten des Sprosses Teile herausgegriffen, um auf Verstopfungen geprüft zu werden. Ich lasse die Ergebnisse nachstehend folgen.

Nr. 2. Untersucht wurden:
1. 4. 8. 19. Knoten: keine Bündel mit Verstopfungen.
17. Internodium: 1 „ „ „

Nr. 5. Ein tangentialer Längsschnitt durch den untersten Teil des Stockes: keine Bündel mit Verstopfungen.
11. Knoten: 3 „ „ „

Nr. 5 a. Unmittelbar über der Stelle, wo der Spross an der Mutterpflanze gesessen hat, reichlich Verstopfungen, welche sich nach oben hin rasch verlieren. 4 mm über dieser Stelle nur noch 3 vorhanden. Noch höher: keine Verstopfungen.

Nr. 5 b. In der Höhe von 2,5 cm im Knoten keine Verstopfungen. Selbst unmittelbar über der Ansatzstelle keine Verstopfungen. Weiter hinauf fehlen sie auch.

Nr. 5 c. Verstopfungen nur vereinzelt in der Nähe der alten Ansatzstelle.

Nr. 11. Querschnitt durch den 5. Knoten: zahlreiche verstopfte Gefässbündel. Querschnitt durch den 12. Knoten: verstopfte Gefässbündel kommen vor, aber weniger zahlreich als im 5. Knoten.
Querschnitt durch den 18. Knoten: einige verstopfte Gefässbündel.
„ „ „ 33. „ ganz vereinzelte Verstopfungen.
Bis zum 22. Knoten incl.: die Knoten mit Wurzeln besetzt.

Nr. 13. 7. Knoten: nur vereinzelt Bündel mit Verstopfungen.
10. „ mehrere „ „ „
15. „ „ „ „ „
18. „ einige „ „ „
22. „ „ „ „ „
31. „ keine „ „ „

Nr. 14. 8. Knoten: einige Bündel mit Verstopfungen.
14. „ „ „ „ „
19. „ eine grosse Zahl „ „ „

Nr. 14 a. 2,2 cm über der Ansatzstelle des Sprosses: ziemlich viel Bündel verstopft.
7,4 cm über der Ansatzstelle des Sprosses: ziemlich viel Bündel verstopft.
16,4 cm über der Ansatzstelle des Sprosses: einige Bündel verstopft.
53,4 cm über der Ansatzstelle des Sprosses: keine Bündel verstopft.

Nr. 14 b. 4. Knoten: vereinzelte Bündel mit Verstopfungen.

Nr. 15. Dicht über der Ansatzstelle des Sprosses: eine ganze Reihe Bündel mit Verstopfungen.
10. Knoten: einzelne Bündel mit Verstopfungen
16. „ „ „ „ „
21. „ keine „ „ „

Nr. 15 b. 1. Knoten: vereinzelte Bündel mit Verstopfungen.

Nr. 17. 7. Knoten: fast alle Bündel verstopft
16. „ zahlreiche „ „ , am wenigsten die peripherischen
31. „ keine „ „

Nr. 17 a. 1. Knoten: fast alle Bündel mit Verstopfungen
8. „ einige „ „ „

Nr. 17 b. 1. Knoten: eine Reihe Bündel mit Verstopfungen.
4. „ einige „ „ „
14. „ keine „ „ „

Nr. 17 c. Dicht über der Ansatzstelle des Sprosses: alle Bündel mit Verstopfungen.
4. Knoten: ziemlich zahlreiche Bündel mit Verstopfungen.
14. „ keine „ „ „

Nr. 17 d. 2. Knoten: alle Bündel mit Verstopfungen.
9. „ zahlreiche Bündel mit Verstopfungen.
19. „ Bündel mit Verstopfungen auch an der Stelle, wo das Organ nicht verwundet ist, aber nicht mehr zahlreich.

Nr. 18. 6. Knoten: eine Reihe Bündel mit Verstopfungen.
8. „ einige „ „ „
16. „ vereinzelte „ „ „

N.r 18 a. 1. Knoten: zahlreiche „ „ „
3. „ wenige „ „ „
6. „ keine „ „ „

Nr. 18 b. 1. Knoten: einige „ „ „
4. „ keine „ „ „

Nr. 19 a. In der Höhe von 4 cm im Knoten: vereinzelte Bündel mit Verstopfungen.

Nr. 19 b. 8. Knoten: vereinzelte Bündel mit Verstopfungen.
15. „ wenige „ „ „

I. Geflanzt am 16. Mai 1891, geschnitten am 20. April 1892.

Nr. 21. 1. Knoten: zahlreiche Bündel mit Verstopfungen.
5. „ wenige „ „ „
im jüngsten Teil: eine ganze Reihe Bündel mit Verstopfungen.

Nr. 22. 1. Knoten: keine Bündel mit Verstopfungen, oder verschwindend wenige.
7. „ einzelne Bündel mit Verstopfungen.
im allerjüngsten Teil: keine „ „ „

Nr. 23. 3. Knoten: Bündel mit Verstopfungen, aber nicht besonders zahlreich.
12. „ vereinzelte Bündel mit Verstopfungen.
Ganz junges Gewebe: keine Verstopfungen.

Nr. 24. 1. Knoten: nicht viel Bündel mit Verstopfungen.
4. „ „ „ „ „ „
9. „ mehrere „ „ „
im jüngsten Gewebe: heine „ „ „

Nr. 25. 1. Knoten: Bündel mit Verstopfungen vorhanden
9. „ keine „ „ „ „
5. Internodium: einige „ „ „ „
jüngster Teil: „ „ „ „

Nr. 26. 1. Knoten: vereinzelte Bündel mit Verstopfungen.
9. „ keine „ „ „
jüngster Teil: keine „ „ „

Nr. 27. 1. Knoten: einige Bündel mit Verstopfungen.
12. „ keine „ „ „
jüngster Teil: „ „ „ „

Nr. 28. Internodium 0[1]: einige Bündel mit Verstopfungen.
„ 5 „ „ „ „

Nr. 29. 1. Knoten: eine grosse Zahl Bündel mit Verstopfungen.
6. „ „ „ „ „ „ „
10. „ „ „ „ „ „ „
jüngster „ „ „ „ „ „ „ ,
doch findet sich in dem darüber stehenden Internodium ein Loch, womit die Verstopfungen in Zusammenhang stehen können.

Nr. 30. 1. Knoten: keine Bündel mit Verstopfg.
9. „ „ „ „ „
13. „ „ „ „ „
jüngster „ „ „ „ „
13. Internodium: „ „ „ „

Nr. 31. 1. Knoten: Bündel mit Vertopfungen vorhanden, aber nicht besonders zahlreich.
3. „ Die im Zentrum gelegenen Bündel sind verstopft.
6. „ Bündel mit Verstopfungen kommen vor.
jüngster Teil: Keine Bündel mit Verstopfungen vorhanden.

Nr. 32. 1. Knoten: zahlreiche Bündel mit Verstopfungen
2. „ „ „ „ „ , aber scheinbar etwas weniger als beim ersten.

---

[1] Mit 0 bezeichne ich das Internodium, in welchem die Lostrennung des Stockes stattgefunden hat, und welches sich unter dem ersten Knoten befindet.

5. Knoten: einzelne Bündel mit Verstopfungen.
9. „ eine ganze Zahl Bündel mit Vertopfungen.

Nr. 33. Internodium 0: einzelne Bündel mit Verstopfg.
1. Knoten: zahlreiche „ „ „, doch stehen sie vielleicht im Zusammenhang mit einem hier befindlichen Loch.

In den höheren Internodien bereits äusserlich wahrnehmbare Löcher.

II. Gepflanzt Ende Dezember 1891, geschnitten am 20. April 1892.

Nr. 34. 1. Knoten: wenig Bündel mit Verstopfungen
5. „ „ „ „ „
10. „ „ „ „ „
17. „ eine ganze Zahl Bündel „ „
25. „ „ „ „ „ „ „ mit schön leuchtend roter Farbe.

Nr. 35. 1. Knoten: mehrere Bündel mit Verstopfungen
7. „ einige „ „ „
15. „ keine „ „ „
jüngster Teil: „ „ „ „

Nr. 36. 4. Internodium: sehr wenig Bündel mit Verstopfungen.

III. Gepflanzt am 12. September 1891, geschnitten am 19. April 1892.

Nr. 37. 1. Knoten: Bündel mit Verstopfungen, aber nicht reichlich
5. „ „ „ „ „ „ „
9. „ „ „ „ „ „ „
14. „ „ „ „, reichlich vorhanden, aber ein grosses Loch in der Nachbarschaft.
jüngster Teil: keine Bündel mit Verstopfungen.

Nr. 38. 1. Knoten: einige Bündel mit Verstopfungen
6. „ „ „ „ „
11. „ vereinzelte „ „ „
jüngster Teil: keine „ „ „

Nr. 39. 1. Knoten: Bündel mit Verstopfungen in nicht besonders reichlicher Menge.
jüngster Teil: kein Bündel mit Verstopfungen.

Nr. 40. 2. Internodium: reichlich Bündel mit Verstopfungen, aber nicht die grössere Zahl der Bündel.
7. „ 13 Bündel mit Verstopfungen.

Die Prüfung meines Materials auf das Auftreten der Verstopfungen beim gesunden und kranken Rohr ermöglicht es, auf verschiedene Fragen eine Antwort zu geben. Die erste Frage, welche sich aufdrängt, ist die, ob die Verstopfungen, d. h. nur diejenigen Verstopfungen, welche den Gegenstand dieses Abschnittes bilden sollen, nur bei krankem oder auch bei gesundem Rohr auftreten.

Vom Cheribonrohr standen mir zwei schöne Stöcke zur Verfügung (2 S. 114 und 3 S. 114). Bei 2 kann man sagen, treten keine Verstopfungen auf, bei 3 hingegen waren in verschiedenen Knoten einige zu bemerken. Aber es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass hierbei vielleicht kleine Wunden im Spiel waren. Man darf wohl im allgemeinen sagen, wenn man sich auf diese beiden Exemplare stützt, dass die Verstopfungen beim gesunden Rohr nicht vorkommen. Anders hingegen liegen die Verhältnisse, wenn man das Exemplar 1 zum Vergleich heranzieht. Der Wuchs, die Länge und die Dicke der Glieder berechtigen ebenso wie bei 2 und 3 auch diesen Stock als gesund zu betrachten. Er hatte geblüht und viele Knospen waren ausgetrieben, während beides für 2 und 3, nicht zutraf. Exemplare, welche geblüht haben, sind dadurch ausgezeichnet, dass sie gerne und reichlich die Knospen austreiben lassen; diese Erscheinung ist also nicht etwa auf das serehkranke Rohr beschränkt. Die mikroskopische Untersuchung ergiebt (s. S. 113), dass bei diesem Exemplar eine sehr grosse Zahl von Gefässbündeln verstopft ist. Um eine klare Vorstellung über den Umfang der Verstopfung zu erhalten, habe ich in mehreren Internodien die Zahl der vorhandenen und der verstopften Bündel ermittelt, jene verhielten sich zu diesen wie 4—5 : 1; in den Knoten waren aber noch mehr Bündel als in den Internodien verstopft. Da die Ermittlung der Bündelzahl im Knoten noch schwieriger ist als im Internodium, habe ich davon Abstand genommen, die verstopften zu zählen und mich mit der Angabe begnügt, dass zahlreiche verstopfte vorhanden sind, was durchaus dem wahren Sachverhalt entspricht. Das von 2 und 3 abweichende Verhalten unseres Exemplares 1 legte den Gedanken nahe, es könnte das Auftreten der reichlichen Verstopfung vielleicht mit dem Umstande zusammenhängen, dass es geblüht hatte. Man kann sich sehr wohl vorstellen, dass der absterbende Blütenstand etwa durch die Verstopfungen in den Gefässbündeln von dem vegetativen Teile der Pflanze abge-

gliedert wird, wenn es unter diesen Umständen auch überraschen muss, dass sich die Verstopfungen von oben nach unten vermindern, während man das entgegengesetzte Verhalten erwarten sollte. Weitere Stöcke von Teboe Cheribon, welche geblüht hatten, standen mir nicht zur Verfügung, so dass es mir nicht möglich war, zu entscheiden, ob die bei 1 angetroffenen Verstopfungen auf den abgestorbenen Blütenstand zurückzuführen waren. Unter meinem Material fanden sich aber noch zwei Stöcke von anderen Rohrvarietäten, welche geblüht hatten, von Teboe Branche blanche und Teboe Loethers.[1] Von der letzteren Varietät standen mir sogar drei Stöcke zur Verfügung, ausser dem blühenden noch zwei bloss vegetative. Die mikroskopische Untersuchung ergab für diese drei Stöcke und für den Stock von Teboe Branche blanche folgendes:

Branche blanche. Untersucht wurden vom eigentlichen Stamm:

Internodium 0, 4, 6, 8, 19, 21, 22.
Knoten 1, 4, 8.

Im Internodium 19 ist ein Bündel, im Internodium 4 sind 2 und im Internodium 8 einige Bündel verstopft. Die letzteren befinden sich in der Nachbarschaft einer Wunde, welche in der Nähe des Knotens liegt. Entsprechend der Zahl der verstopften Bündel in den Internodien sind im Knoten 4 2 und im Knoten 8 einige Bündel verstopft.

Von der Blütenstandsaxe wurden untersucht:

Internodium 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.
Knoten 4, 7.

In den Internodien 5, 6, 7, 8 und im Knoten 7 finden sich zahlreiche verstopfte Bündel, im Internodium und Knoten 4 1 Bündel und in den Internodien 0, 2, 3 keine verstopften Bündel. In den Internodien 5 und 7 und dem Knoten 6 finden sich Bohrlöcher, mit denen die hier auftretenden Verstopfungen zusammenhängen. Ob auch die im Internodium 8 auftretenden Verstopfungen mit den Wunden der tieferen Glieder oder mit dem Blühen des Stockes zusammenhängen, bleibt unentschieden.

Teboe Loethers. Untersucht wurden von Stock a:
Internodium 0, 1, 3, 7, 9, 10, 15, 16, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32,
Knoten 1, 3, 7, 10, 16, 24, 31.

[1] Vergl. S. 53 und 54.

Es wurden Verstopfungen gefunden in einigen Bündeln des 16. Knotens, des 16. Internodiums, des 24. Knotens, des 23., 26., und 29. Knotens; zahlreiche verstopfte Bündel im 31. Knoten, im 31. und 32. Internodium. Die Verstopfungen im 16., 23., 24., 26. und 29. Gliede stehen mit Wunden in Verbindungen. Vom 29. Knoten an aufwärts kommen keine äusserlich wahrnehmbare Verwundungen vor. Möglich, dass die anderen mir nicht zur Verfügung stehenden Hälften dieser Glieder Wunden hatten, woraus sich die grosse Zahl der Bündel erklären könnte, wahrscheinlich ist aber, dass das massenhafte Auftreten der Verstopfungen in den obersten Gliedern mit dem Blühen in Verbindung steht, was um so wahrscheinlicher ist, da wir dieselbe Erscheinung bei dem Stock von Teboe Branche blanche, das geblüht hatte, antreffen, während sie bei den Stöcken von Teboe Loethers, welche nicht geblüht hatten, ausbleibt.

Von dem Stock b. wurden untersucht:

Internodium 0, 1, 3, 8, 9, 14, 15, 20, 21, 24.

Knoten 1, 3, 9, 15, 21, 24, 27.

Vereinzelte verstopfte Bündel finden sich im Internodium 8 und im Knoten 9, eine grössere Zahl im 24. Knoten und Internodium, doch findet sich in diesem Internodium ein Bohrloch.

Von dem Stock c wurden im unteren Teil die Knoten 4, 9, 10, 17 und das Internodium 17, im oberen Teil die Knoten 1, 7, 12 und die Internodien 0, 1, 6, 7, 12 untersucht, doch konnte nur im Internodium 0 des oberen Teiles eine Verstopfung in einem Siebteil wahrgenommen werden.

Wenn sich blühendes Teboe Cheribon wie blühendes Teboe Loethers und Teboe Branche blanche verhält, so treten die durch den absterbenden Blütenstand bedingten Verstopfungen im oberen Teil des Stockes auf, nicht im unteren, wie bei unserem Exemplar. Alsdann sind die gefundenen Verstopfungen auf eine andere Ursache zurückzuführen und zwar auf dieselbe wie das Auftreten der Verstopfungen bei den serehkranken Pflanzen.

Während ein kräftiges, augenscheinlich gesundes Exemplar viele Verstopfungen aufweist, finden wir in zwei typischen Serehbüschen 4 (S. 113) und 5 (S. 114) nur wenige Verstopfungen. Bei beiden wurden in einzelnen Knoten Verstopfungen in sehr geringer Zahl beobachtet. Die höchste Zahl beträgt bei 4 im 4. Knoten 27, bei

5 im 11. Knoten 3 Bündel. Beide Exemplare weisen den charakteristischen Habitus serehkranker Pflanzen auf. Bei 4 ist die durchschnittliche Länge der Glieder 8—20 mm bei einem zwischen 18 und 22 mm schwankenden Querdurchmesser. Der Wuchs dieser typisch serehkranken Exemplare kann unmöglich irgendwie durch die Menge der Gefässverstopfungen bedingt sein. In den Exemplaren 1, 4, 5 sind die Wuchsverhältnisse den Forderungen der Janseschen Theorie gerade entgegengesetzt.

Nicht minder überraschend sind die Verhältnisse beim Busch 11 (S. 115), von dem der Hauptspross und zwei kleine dazu gehörige Sprosse untersucht wurden. Der kräftige Stock hat in den mittleren Gliedern eine Länge von 45—50 mm, weiter aufwärts und abwärts werden sie kürzer. Auch die Dicke der Glieder ist noch normal, 29—32 mm. Dahingegen sind 11 a (S. 108) und 11 b (S. 109) mit sehr viel kürzeren und dünneren Gliedern ausgestattet. Nichtsdestoweniger treffen wir in diesen beiden Sprossen viel weniger verstopfte Bündel als im kräftigen Hauptstock. Er hat in den unteren Knoten zahlreiche verstopfte Bündel, während wir bei 11 a im dritten Knoten schon nicht mehr als 70, und bei 11 b im Maximum 51 Bündel zählen, bei einer etwa auf 900 zu veranschlagenden Gesamtzahl der Bündel.

Ich habe noch andere Exemplare untersucht, welche durch Kleinheit der Internodien in der Länge und Breite ausgezeichnet waren, z. B. 15, 15 a und 15 b. Bei 15 (S. 115) ist die durchschnittliche Länge der Glieder 7—21 mm bei einem durchschnittlichen Querdurchmesser von 25 mm. Bei 15 a (S. 109) beträgt sie 8—18 mm bei einem Querdurchmesser von 10—16 mm. Der ganze Spross 15 a ebenso wie 15 b (S. 115) ist nur 16 cm hoch, während 15 wenigstens 52 cm hoch ist. Sieht man ab von der Ansatzstelle der Sprosse, so finden sich bei 15 und 15 b nur vereinzelte verstopfte Bündel. Bei 15 a kommen im allgemeinen auch nur wenige verstopfte Bündel vor, nur im dritten Knoten ist der grössere Teil der vorhandenen Bündel verstopft. Trotzdem 15 einen viel kümmerlicheren Eindruck macht als 11, sind hier bedeutend mehr verstopfte Bündel als bei 15 vorhanden.

Ebenso verhält sich 16 (S. 110). Obgleich sechs Monate alt, hat der Stock keine grössere Höhe als 18 cm erreicht; dementsprechend haben die Glieder eine durchschnittliche Länge von 7 mm

bei einem Querdurchmesser von 12—15 mm. Die mikroskopische Prüfung ergab auch nicht so viel Verstopfungen, als zu erwarten waren. Im vierten Knoten treten viele verstopfte Bündel auf, im folgenden Knoten sinkt ihre Zahl aber bereits auf 61 herab. Sie verkleinert sich nach oben hin stetig, nur einmal wieder, im 10. Internodium, sind zahlreiche verstopfte Bündel vorhanden. Doch steht ihr Auftreten augenscheinlich mit Verwundungen im Zusammenhang.

Dahingegen wurden keine Verstopfungen oder nur vereinzelte bei 6, 7, 8 (S. 113), 10 (S. 114), gefunden. Allerdings sind im Durchschnitt die Glieder von normaler Länge und Breite.

Etwas kürzer und auch dünner sind die Glieder bei 13 und 14 (S. 115). Demgemäss scheinen hier und dort auch mehr verstopfte Bündel aufzutreten als bei den vorhergehenden. Reichlicher treten die Verstopfungen bei 14a (S. 115) auf, wo selbst in der Höhe von 7,4 cm ziemlich viel verstopfte Bündel vorhanden sind. Bei 14b (S. 115) treten verstopfte Bündel nur vereinzelt auf.

Bei 17, 17a, 17b, 17c, 17d (S. 115), welche alle nicht durch besonders grosse Länge der Glieder ausgezeichnet sind, kommen viele Bündel mit Verstopfungen vor. Ähnlich verhalten sich 18 und 18a (S. 116). Dahingegen gestaltet sich augenscheinlich bei 19a und 19b (S. 116), trotzdem dieselben Verhältnisse vorliegen, die Sachlage günstiger für die nicht verstopften Bündel.

Die andere Sendung aus Java bestätigt lediglich die hier mitgeteilten Beobachtungen, dass aus dem schlechten Wachstum durchaus noch nicht auf zahlreiche Verstopfungen geschlossen werden kann. Sämtliche Exemplare dieser Sendung 21—40 (S. 116—118) sind durch grosse Kürze und entsprechend geringen Querschnitt des Stockes ausgezeichnet. Dennoch ist im allgemeinen die Zahl der verstopften Bündel gering. Wo viele verstopfte Bündel auftreten, da beschränken sie sich auf die untersten Knoten. So z. B. zahlreiche Bündel im ersten Knoten Nr. 21, ersten und zweiten Knoten Nr. 32, ersten Knoten Nr. 33, zweiten Internodium Nr. 40.

Aber diese zahlreichen Verstopfungen verlieren sich nach oben hin schnell. Im allgemeinen ist der grössere Teil dieser Pflanzen frei von verstopften Bündeln oder wenigstens sehr arm daran.

Eine besondere Besprechung verdienen noch die beiden Exemplare 12 (S. 112) und 19 (S. 111). Bei serehkrankem Rohr soll schliesslich die Spitze vertrocknen und absterben: nach Janses

Ansicht deshalb, weil die Gefässe verstopft sind und ihr kein Wasser zugeführt werden kann. Von 12 wurde angegeben, dass der Spross abgestorben sei, es war mir nun interessant zu sehen, ob hier in der That eine bedeutende Verstopfung der Bündel Platz gegriffen hatte. Die Untersuchung ergab, dass im vierten Knoten zahlreiche Bündel verstopft waren, im achten Knoten 290 von im ganzen vorhandenen 750 Bündeln. Im 16. Knoten waren nur noch 57 verstopfte Bündel vorhanden. Der Seitenspross, welcher sich mächtig entwickelt hatte, steht am 22. Knoten. Im 21. Knoten des Hauptsprosses finden sich 39, im 23. Knoten 41 Bündel mit Verstopfungen. Aus dem Auftreten der Verstopfungen darf man aber noch nicht schliessen, dass sie die Ursache für das Absterben gewesen sind. Es könnte doch auch sein, dass der Vegetationspunkt aus anderen Ursachen vernichtet worden wäre. In dem vorhandenen obersten Internodium ist ein Bohrloch, das sich in den nächst höheren Knoten fortsetzt, dann aber nicht weiter verfolgt werden kann, weil das übrige Gewebe fehlt. Ich möchte viel eher einer derartigen Ursache die Vernichtung des Sprosses zuschreiben als der oben genannten, weil die Wurzeln bis zum 23. Knoten reichen und einen dicken Filz bilden, so dass gar keine Veranlassung zur Annahme eines Wassermangels vorliegt.

19 (S. 111) macht einen sehr wenig normalen Eindruck. Der Stock ist, obgleich sechs Monate alt, bis zur Blattkrone nur 14 cm hoch. Der ganze vorhandene Stock ist noch von den Blattscheiden umhüllt und bis oben hin bewurzelt, und zwar mit grossen Wurzeln versehen. In einem Stock von solchem Aussehen, der das Gepräge der Krankheit an sich trägt, hoffte ich zahlreiche Verstopfungen anzutreffen. Die nähere Untersuchung zeigte, dass der Hauptspross abgestorben war und, wie es scheint, infolge einer Verwundung. Der eine Seitenspross hat sich entwickelt, aber auch er ist an der Spitze vernichtet und weist in den tieferen Teilen Bohrlöcher auf. Diese Vernichtung der Spitzen hat jedenfalls förderlich auf die Entwicklung der Knospen am Haupt- und Seitenspross eingewirkt. Ein Auftreten von Verstopfungen, wo so viel Verwundung vorhanden ist, kann nicht überraschen; auch ist es schwierig zu entscheiden, was an Verstopfungen auf Kosten der Verwundung und was auf Kosten der Krankheit entfällt. Im unteren Teil des Hauptsprosses kommen wohl Verstopfungen vor, aber nicht viele. Entgegen dem Verhalten

der anderen Exemplare nimmt die Verstopfung von unten nach der Mitte hin zu, ohne dass die Verstopfung selbst hier in überreichem Masse auftritt. Der Gedanke, dass etwa das Absterben des Sprosses eine Folge der Verstopfung sei, ist in diesem Fall vollständig von der Hand zu weisen.

Vergleicht man die Wuchsverhältnisse unseres Rohres mit den Verstopfungsverhältnissen, so bemerkt man von einem Parallelismus zwischen Hemmung des Wachstums und Intensität der Verstopfung gar nichts. Hieraus ergiebt sich die Unhaltbarkeit der Janseschen Theorie. Die Hemmung des Wachstums der Pflanzen tritt nicht infolge massenhaften Auftretens der Verstopfungen ein. Die meisten Verstopfungen bemerkte ich in einem stattlichen Exemplar. Kleine Exemplare von serehartigem Habitus führen teils gar keine Verstopfungen, teils wenige und nur verhältnismässig selten zahlreiche. Bei einigen Exemplaren findet sich angegeben: zahlreiche Verstopfungen, und dann finden sich diese fast ausschliesslich in den untersten Knoten. Nun könnte man vielleicht glauben, dass das ja vollständig genügte, um die Wasserzufuhr abzuschneiden. Eine solche Voraussetzung wäre aber irrig; denn die Pflanze ist gar nicht ausschliesslich auf das Wasser angewiesen, welches ihr durch diesen Teil zugeleitet wird, sondern sie entwickelt an einer Reihe von Knoten Wurzeln; auf diese Weise entsteht ein ziemlich grosses Wurzelsystem, mit dem sich die Pflanze ernährt. In allen den Fällen, wo angegeben ist, dass zahlreiche Bündel bei serehkrankem Rohr verstopft sind, findet man auch, dass noch über diese Stelle hinaus Wurzeln vorkommen. In der folgenden Tabelle habe ich rechts die Knotennummern angegeben, bis zu welchen noch Wurzeln am Stock bobachtet wurden, während links der Knoten verzeichnet ist, welcher in dem betreffenden Exemplare als der höchste mit verstopften Bündeln versehen ist.

Nr.	Knoten Nr.	Verstopfte Bündel.	Wurzeln Auftreten bis
11a (S. 108)	1. Knoten	ziemlich viel	6. Knoten
	2. „	ca. 20	
15a (S. 109)	3. „	grosser Teil	an jedem Knoten
	4. „	27	
16 (S. 110)	4. „	viele	7. Knoten
12 (S. 112)	4. „	zahlreiche	23. „
	8. „	290	

Nr.	Knoten Nr.	Verstopfte Bündel.	Wurzeln Auftreten bis
11 (S. 115)	5. „	zahlreiche	22. Knoten
	12. „	„	
	18. „	einige	
15 (S. 115)	Ansatzstelle	eine ganze Reihe	14. „
	10. Knoten	einzelne	
17 (S. 115)	7. „	fast alle	32. „
	16. „	zahlreiche	
	31. „	keine	
17d (S. 116)	2. „	alle Bündel	10. „
	9. „	zahlreiche	
18 (S. 116)	6. „	eine Reihe	19. „
	8. „	einige	
21 (S. 116)	1. „	zahlreiche	bis oben hin
	5. „	wenige	
29 (S. 117)	1. „	grosse Zahl	17. Knoten
	6. „	„ „	
	10. „	„ „	
35 (S. 118)	1. „	mehrere	21. „
	7. „	einige	
40 (S. 118)	2. Internodium	reichlich	7. „
	7. „		

Ausnahmen von dieser Regel, dass die Wurzelbildung höher hinaufreicht als die Verstopfung, dürften sich vielleicht aus dem Auftreten von Verwundungen oder bei Exemplaren, welche geblüht hatten, aus der hierdurch bedingten Verstopfung erklären. Einige wenige Fälle habe ich nicht namhaft gemacht, weil mir Angaben über das Verhalten der Wurzeln fehlten, doch ist es nicht wahrscheinlich, dass sie die Regel umstossen sollten.

Wie man die Beobachtungen an unserem Rohr auch drehen und wenden mag, man kommt immer zu dem Schluss, wenn es gestattet ist, die an dem untersuchten Material gewonnenen Ergebnisse zu verallgemeinern, dass durch das Auftreten der von Verwundungen und Ähnlichem unabhängigen Verstopfungen höchstens ganz ausnahmsweise eine wesentliche Beeinträchtigung der Wasserzufuhr zu den wachsenden Teilen stattfindet, dass also auch aus ihnen das gehemmte Wachstum der kranken Pflanzen nicht zu erklären ist. Auch darauf mag hingewiesen werden, was bisher ganz

unbeachtet geblieben ist, dass bei Verwundungen etwa durch Bohrer häufig viel mehr Bündel teils zerstört, teils zur Leitung durch Verstopfungen unbrauchbar gemacht werden, als sich verstopfte Bündel selbst in demjenigen Exemplar meiner serehkranken Pflanzen finden, welches die meisten verstopften Bündel enthielt. Da in solchen Fällen die Wachstumsverhältnisse keine wesentliche Veränderung aufweisen, so muss wohl ein Teil der Arbeitsleistung der unbrauchbaren Bündel von den unversehrten übernommen und so die zu erwartende Verminderung in der Wasserzufuhr jener durch eine Mehrleistung dieser wieder wett gemacht werden. Aus Strasburgers Untersuchungen[1] an dikotylen Bäumen wissen wir, dass schon wenige Gefässe einen erheblichen Wassertransport gestatten. So lehren alle Beobachtungen und Erfahrungen, dass auch der zweite Teil der Janseschen Theorie, welcher den Habitus des serekranken Rohres erklären soll, unrichtig und unhaltbar ist. Zu gleicher Zeit ergiebt sich, dass der für die serehkranken Pflanzen charakteristische Habitus von ganz anderen Ursachen als den Verstopfungen bedingt sein muss. Da sie bei Pflanzen mit diesem Habitus fehlen können, so können die Verstopfungen nur als etwas Accidentielles angesehen werden, als eine Erscheinung, welche die Wachstumsvorgänge begleiten kann, aber sie nicht zu begleiten braucht.

Das Auftreten der Verstopfungen im Stock erinnert an die Verstopfungen im Steckling; wie bei diesen können auch bei jenen bald mehr bald weniger Gefässbündel verstopft sein. Aber ein wesentlicher Unterschied macht sich zwischen beiden fühlbar. Während sich in den Stecklingen die Bündel eher in den Internodien verstopfen als in den Knoten, tritt in dem Stock der Regel nach das Gegenteil ein. Nach den Angaben der Forscher soll es der normale Fall sein; als Beispiele hierfür mögen die Exemplare 15 a (S. 109) und 1 (S. 113) erwähnt werden.

Die Verstopfungen lassen in dem Stock, in welchem sie auftreten, eine bestimmte regelmässige Anordnung erkennen. Wenn wir von den Fällen absehen, in denen infolge von Verwundung oder des Blühens des betreffenden Stockes in seinen höheren Teilen Verstopfungen in reicherem Masse oder gar ausschliesslich als in seinen

---

[1] Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Histologische Beiträge, Jena 1891, Heft III.

tieferen auftreten, so vermindern sich bei den von mir untersuchten Exemplaren die Verstopfungen von unten nach oben und zwar meistens ziemlich sprunghaft. Die regelmässige Verminderung der Verstopfungen nach oben zu tritt unzweideutig in unseren Exemplaren 1 (S. 113), 4 (S. 113), 11 a (S. 108), 11 b (S. 109), 12 (S. 112), 15 a (S. 109), 16 (S. 110) u. a. m. hervor. In den jüngsten Teilen pflegen selbst dann, wenn in tieferen Teilen des Rohres Verstopfungen auftreten, keine zu erscheinen, obgleich ihnen die Fähigkeit, solche zu bilden, nicht abgeht, wie aus gelegentlichen Verwundungen zu erkennen ist. Hierauf hat schon Valeton[1] aufmerksam gemacht und meine Untersuchungen bestätigen seine Beobachtung vollauf.

Die regelmässige Abnahme der Verstopfungen von unten nach oben darf nun nicht so aufgefasst werden, dass sich ganz strenge von Glied zu Glied die Zahl der verstopften Bündel vermindert; vielmehr hat häufig eine sprunghafte Verminderung statt, welche dann und wann wieder zu einer Vermehrung der Zahl führt.

So z. B. bei Exemplar 11 a, 4. Knoten 52 Bündel
5. „ 41 „
6. „ einige 50 Bündel

„ „ 15 a, 6. Knoten 10 Bündel
7. „ 13 „
8. „ 7 „

„ „ 12, 16. Knoten 57 Bündel
19. „ 14 „
21. „ 39 „

„ „ 1, 8. Internodium 97 Bündel
10. „ 52 „
12. „ 203 „
15. „ 189 „
20. „ 176 „
24. „ 162 „

Dies Beispiel zeigt schon, dass die Abnahme sich zuweilen sogar in das Gegenteil verkehren kann. Vom 10. Internodium mit

[1] Bijdrage tot de kennis der serehziekte. Proefstation Ost-Java 1891.

52 verstopften Bündeln wächst die Zahl bis zum 12. Internodium auf 203 Bündel. Eine derartige Zunahme ist auch bei Exemplar 11 a wahrzunehmen.

2. Internodium:	einige Bündel	6. Internodium:	einige 50 Bündel
3. „	41 „	7. „	„ „
4. „	47 „	8. „	20 „
5. „	50 „		

Aber in allen diesen Fällen findet die Zunahme nur bis zu einer bestimmten Grenze hin statt, um dann wieder in eine Abnahme überzugehen. Die allgemeine Regel wird dadurch also nicht aufgehoben. Wenn man die Zahlen überblickt und immer wieder die Regel bestätigt findet, dass die Verstopfungen nach oben hin an Zahl abnehmen, und dass die jüngsten Teile ganz frei sind von Verstopfungen, falls nicht zufällig Verwundungen auftreten, so erregt diese Wahrnehmung den Verdacht, dass die die Bildung der Verstopfungen bedingende Ursache von unten nach oben fortschreitet. Man erwartet infolgedessen bei einer Untersuchung des Stockes von oben nach unten alle Entwicklungsstadien der Verstopfungen anzutreffen. Es ist mir jedoch nie gelungen, an dem serehkranken Rohr die allerjüngsten noch ungefärbten Stadien wahrzunehmen. Die jüngsten von mir bei diesem Rohr beobachteten Stadien waren immer schon gelb gefärbt, und die Gefässe ganz damit gefüllt. Auch im übrigen ist kein wesentlicher Unterschied zwischen den Verstopfungen aus verschiedenen Höhen zu bemerken, höchstens, dass vielleicht die Rotfärbung der Bündel im untersten Teil des Stockes vorherrscht.

Mir hat es den Eindruck gemacht, als ob die Pflanzen sich nicht mehr in dem Zustand, Verstopfungen zu bilden, befänden, als ob diese sämtlich älteren Ursprungs, möglicherweise gleichen Alters wären. Einer solchen Annahme stehen keine ernsten Bedenken entgegen, denn wir wissen aus den Untersuchungen an Laubbäumen in unserem Klima,[1] dass die Verstopfungen sehr schnell gebildet werden können, in dem tropischen Klima werden sie voraussichtlich noch schneller auftreten.

---

[1] A. Wieler, Über den Anteil des sekundären Holzes der dicotyledonen Gewächse an der Saftleitung und über die Bedeutung der Anastomosen für die Wasserversorgung der transpirierenden Flächen. Pringsh.'s Jahrb. f. wiss. Botanik XIX. 1888.

Um die Bedeutung der Verstopfungen zu beurteilen, ist es notwendig, sich davon Rechenschaft abzulegen, ob die unabhängig von Verwundung in dem Stock auftretenden Verstopfungen sich einer weiteren Verbreitung bei Saccharum-Varietäten und -Arten und einer Verbreitung über das von der Sereh befallene Gebiet Javas hinaus erfreuen.

Ausser den oben besprochenen Stöcken von Teboe Branche blanche und Teboe Loethers (s. S. 159) habe ich noch Teboe Ardjoeno, Teboe Gagak, Teboe Maroe, Teboe Soerat Njamplong, Teboe Glonggong und Teboe Glagah[1] und mein Rohr aus Guiana untersucht. Mit Ausnahme von diesem und von Teboe Maroe konnte ich bei allen Rohrsorten das Auftreten vereinzelter Verstopfungen, welche nicht mit Wunden in Zusammenhang standen, beobachten.

Wie ich auf S. 75 Anm. mitgeteilt habe, hat Herr Dr. Benecke solche verstopfte und rotgefärbte Bündel an Rohr von Ceylon, Malakka, Australien, allen Sunda-Inseln, aus Ägypten, aus Brasilien und aus europäischen botanischen Gärten gefunden. Er giebt an, dass von älterem aber noch nicht reifem Rohr jener Herkunft nicht ein einziger Stock völlig frei von rotgefärbten Verstopfungen gewesen wäre. In Gemeinschaft mit ihm habe ich mich im August 1892 im Heidelberger botanischen Garten davon überzeugt, dass auch in dem bei uns kultivierten Rohr solche Verstopfungen auftreten können. Sie fanden sich in einem im freien Lande wurzelnden Exemplar, das sich nur kümmerlich entwickelt hatte.

Aus der weiten Verbreitung dieser Kategorie von Verstopfungen geht unzweifelhaft hervor, dass sie nicht als ein spezifisches Symptom der auf Java herrschenden und als Sereh bezeichneten Krankheit angesehen werden können. Ganz besonders lehrreich scheint mir das Verhalten des in unseren botanischen Gärten kultivierten Rohres zu sein. Da auch bei ihm diese Verstopfungen gelegentlich auftreten, so müssen sie überhaupt von anderen Ursachen bedingt sein als etwa von einem Parasiten, den man doch sehr geneigt ist, für die Sereh in Java verantwortlich zu machen. Wenn gewisse Störungen in den Lebensvorgängen des Stockes auftreten, so scheinen gleichsam auf Grund innerer Reize derartige Verstopfungen gebildet zu werden. Das muss unbedingt für die Stecklinge angenommen

[1] Nähere Angaben über diese Rohrsorten S. 53 ff.

werden, die sich in meinen Kulturen unter den gleichen Umständen so sehr verschieden verhielten. Wenn der Stock aus inneren Ursachen als Steckling Gefässverstopfungen zu bilden vermag, so scheint es mir sehr wahrscheinlich, dass er diese Fähigkeit auch als unverletzter Stock besitzt. Zu Gunsten dieser Auffassung spricht das Verhalten des Zuckerrohres in Heidelberg. Man sollte also nicht ausser acht lassen, dass die beobachteten Verstopfungen in den Pflanzen aus inneren Ursachen von ihr selbst gebildet werden, weil aus ganz anderen Gründen gewisse Funktionen nicht mehr den normalen Verlauf nehmen. Durch geschickt abgeänderte Kulturversuche müsste es möglich sein, über diesen Punkt Klarheit zu erlangen. Ist meine Annahme richtig, so müsste man es in die Gewalt bekommen können, willkürlich die Verstopfungen im Stock hervorzurufen. So ausserordentlich wichtig diese inneren Ursachen mir zu sein scheinen, so brauchen sie natürlich nicht die einzige Ursache zu sein; zu ihnen könnte sich noch ein zweiter Reiz hinzugesellen. Zu Gunsten einer Kombination zweier Reize scheint mir die Beobachtung zu sprechen, dass am Stock die Zahl der verstopften Bündel in den Knoten grösser ist als in den Internodien, während sich in den Stecklingen das Verhältnis umkehrt. Man könnte hier etwa an einen Parasiten denken, welcher von den Blättern aus eindringt. Natürlich will ich mit meinen Auseinandersetzungen durchaus nicht die Möglichkeit bestreiten, dass mit Ausnahme der bei Verwundungen auftretenden Verstopfungen alle Verstopfungen durch die Einwirkung eines Parasiten auf die betreffenden Zellen hervorgerufen werden, nur möchte ich betonen, dass eine solche Annahme durchaus nicht zwingend ist, dass im Gegenteil die Beobachtungen und Erfahrungen zu Gunsten meiner Ansicht, dass das Zuckerrohr aus inneren Ursachen die Verstopfungen bildet, sprechen.

Wenn es gestattet ist, meine an dem von mir untersuchten Materiale gemachten Beobachtungen zu verallgemeinern, so komme ich zu dem Schluss, dass auf die Verstopfungen überhaupt kein sehr grosses Gewicht zu legen ist. Der für die serehkranken Pflanzen charakteristische Wuchs ist jedenfalls nicht durch die Verstopfungen verschuldet. Seine Ursache muss anderswo liegen. Da manches zu Gunsten einer parasitären Krankheit bei der Sereh spricht, könnte man daran denken, dass die Sprosse in jugendlichem Alter von dem Parasiten befallen werden, und dass auf seine Gegenwart das geringe Wachstum der Pflanzen zurückzuführen ist.

Aus dem anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Befund ergiebt sich, dass die Verstopfungen das Produkt lebender Zellen des Zuckerrohres sind. Sie scheiden das Schutzgummi auf einen Reiz hin, der sie trifft, ab; sie können unter den verschiedensten Umständen auftreten. Ob in allen Fällen der Reiz der nämliche, nur in ein anderes Gewand gehüllter ist, oder ob seine Natur sich mit den wechselnden Umständen ändert, ob also diese Zellen auf verschiedene Reize in derselben Weise reagieren, ist nicht zu entscheiden, wenigstens nicht auf Grund der anatomischen Untersuchung toten Materiales. Nur zu Gunsten innerer oder äusserer Reize, die ihrem Wesen nach identisch sein können, vermag eine derartige Untersuchung einen Ausschlag zu geben. Über die eigentliche Natur des oder der Reize können wir uns keine Ansichten bilden, da selbst dort, wo schon längere Zeit diese Verstopfungen bekannt sind und ihre Entstehungsweise aufgeklärt ist, die Ursache nicht ermittelt wurde. Immerhin ist es sehr lehrreich, sich über den Stand der Frage bei anderen Pflanzen zu unterrichten, das Vorkommen der Verstopfungen und die Umstände, unter denen sie auftreten, kennen zu lernen, da sich hier Analogien mit dem Zuckerrohr finden, und es deshalb voraussichtlich gleichgültig sein wird, bei welcher Pflanze dermaleinst unser Problem gelöst werden wird.

Bei manchen Laubbäumen erscheinen die Verstopfungen im normalen Entwicklungsgang der Pflanze und zwar an der unverletzten Pflanze; bei den Kernholz führenden unter ihnen sind einige der letzten Splintringe — eventuell nur der letzte — frei von Verstopfungen, in den älteren Splintringen sind die Gefässe verstopft, die Verstopfungen meistens gelb gefärbt. Mit dem Übergange des Splintholzes in das Kernholz, erleiden sie eine wesentliche Farbenänderung und vielleicht auch sonstige chemische Veränderungen. Diesem Verhalten entspricht das Auftreten der Verstopfungen beim Zuckerrohr. Wir haben Rohr, welches wie das aus Guiana frei von Verstopfungen ist, wir haben Rohr, welches verhältnismässig wenig verstopfte Bündel besitzt und wir haben Rohr mit zahlreichen verstopften Bündeln. Die Verstopfungen kommen in allen Farbennüancen von gelb bis dunkelrot vor. Man könnte nun vermuten, dass unter bestimmten Verhältnissen beim Zuckerrohr dieselben Bedingungen für das Auftreten von Verstopfungen gegeben sind,

wie beim Kern- und Splintholz, und dass diese bestimmten Verhältnisse ganz besonders hervortreten, wenn das Rohr von Sereh heimgesucht wird. Dass das nicht die einzigen Umstände sind, unter denen die Verstopfungen reichlich auftreten, wird durch das Exemplar 1 von Teboe Cheribon und die beiden Exemplare von Teboe Loethers und Branche blanche, welche geblüht hatten, bewiesen. Es wäre nun leicht, unsere Vermutung auf ihre Richtigkeit zu prüfen, wenn wir die Bedingungen kennen würden, welche beim Splint- und Kernholz zum Auftreten der Verstopfungen führen, den Reiz kennen würden, welcher die Gummi ausscheidenden Zellen des Holzes trifft. Leider ist das nicht der Fall; über die Ursachen des Auftretens der Verstopfungen bei den Bäumen ebenso wie bei allen anderen Pflanzen sind wir nicht unterrichtet. An Stelle sicherer Thatsachen stehen uns nur Vermutungen über dieselben zur Verfügung.

Böhm[1], welcher sich am eingehendsten mit unserer Frage beschäftigt hat, nahm an, dass die Änderung der Partiärpressung der Luft in den Gefässen zum Auftreten der Verstopfungen Veranlassung giebt. In den aktiven Gefässen ist neben Wasser verdünnte Luft vorhanden. Wird ein Zweig verwundet, so stürzt in die Gefässe so viel Luft hinein, bis innen der gleiche Luftdruck wie aussen herrscht. Diese Änderung des Luftdruckes soll als Reiz auf die Zellen so wirken, dass sie die Verstopfungen ausscheiden, um so allmählich das Auftreten einer Luftverdünnung in den Gefässen wieder zu ermöglichen. Dieselbe Erklärung wie für die Bildung des Wundholzes soll auch für die Verstopfungen des Splint- und Kernholzes gelten, denn Böhm will beobachtet haben, dass auch in den Gefässen dieses Holzes dieselbe Tension wie in der Luft herrscht. Diese Ansicht ist nicht bewiesen, es lassen sich sogar eine Reihe von Einwendungen dagegen geltend machen, sodass eine neue sorgfältige experimentelle Untersuchung notwendig wird, ehe die Böhmsche Erklärung als zutreffend bezeichnet werden kann.

Th. Hartig[2] und Nördlinger[3] beobachteten das Auftreten

---

[1] Über Funktion und Genesis der Zellen in den Gefässen des Holzes. Sitzungsber. d. k. Akademie d. Wissenschaften zu Wien. Mathem. phys. Classe, 55. Bd. 1867. 2. Abt. — Über die Funktion der vegetabilischen Gefässe. Bot. Ztg. 1879.

[2] Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1857.

[3] Technische Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1860, p. 33.

eines pathologischen Kernes infolge von Frost. Durch von Druck und Stoss hervorgerufene Verletzungen des Stammes soll auch dann ein pathologischer Kern entstehen, wenn der Holzkörper nicht einmal blossgelegt wird. R. Hartig[1] teilt mit, dass der von einer Leiter bei Eichenästungen auf das Cambium ausgeübte Druck dasselbe an der betreffenden Stelle zum Absterben brachte und hier im Holz pathologischen Kern erzeugte.

Das Absterben von Wurzeln kann das Auftreten von Verstopfungen im Holzkörper des Stammes veranlassen. So beobachtete ich in Wasserkulturen von Populus canadensis und Vicia Faba, als das Wurzelsystem, in dem einen Fall wahrscheinlich durch Alkalischwerden der Lösung, im anderen durch zu hohe Konzentration der angewandten Lösung abstarb, dass die Gefässe im Stamme resp. im hypokotylen Gliede verstopft wurden.

Als ich in der Luft durchgeschnittene Zweige zum Transpirieren in Farblösung stellte, traten in der allerjüngsten Partie des Splintes Verstopfungen auf.[2]

Weber[3] nahm das Auftreten von Verstopfungen an der Grenze zwischen gesundem und getötetem Holz wahr, als er ein Stück eines an einem Baum befindlichem Zweiges verkohlte.

Die von Th. Hartig, Nördlinger und R. Hartig beobachteten Fälle eines pathologischen Kernes und das von Weber beobachtete Auftreten von Verstopfungen bei verkohltem Holze dürften sich schwerlich aus Böhms Annahme erklären lassen. Eher schon die von mir mitgeteilten Fälle, wenngleich das Beispiel mit den abgeschnittenen Zweigen auch eine andere Erklärung zuliesse. Man könnte sich ebenso gut vorstellen, dass die veränderten Wasserverhältnisse der secernierenden Zellen auf diese wie ein Reiz gewirkt haben. Jedenfalls ist eine solche Ansicht nicht schlechter begründet als die Böhmsche und verdiente ebenso wie diese geprüft

---

[1] Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche. Berlin 1878, p. 140.

[2] Wieler. Über den Anteil des sekundären Holzes der dicotyledonen Gewächse an der Saftleitung und über die Bedeutung der Anastomosen für die Wasserversorgung der transpirierenden Flächen. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Botanik XIX. 1888.

[3] Über den Einfluss höherer Temperaturen auf die Fähigkeit des Holzes, den Transpirationsstrom zu leiten. Ber. d. d. bot. Ges., 3. Bd. 1885, p. 345.

zu werden. Zu Gunsten einer solchen Ursache für das Auftreten der Verstopfungen spricht der Umstand, dass im Splint- und Kernholz die Gefässe, welche verstopft sind und sich nicht mehr an der Wasserleitung beteiligen, einen geringeren Wassergehalt als die unverstopften aufweisen. Natürlich kann es auch umgekehrt sein, indem infolge der Verstopfungen die Leitungsbahnen ausser Funktion getreten sind. Aber die Verminderung des Wassergehaltes macht es wahrscheinlich, dass die Verstopfungen das Sekundäre sind. Das regelmässige Auftreten von Verstopfungen in der gesunden Pflanze lässt eigentlich gar keine andere Ursachen als Luft- und Wasserverhältnisse zu. In pathologischen Fällen wie z. B. beim Absterben der Wurzeln in der Wasserkultur und in Salzlösungen höherer Konzentration, ebenso wie beim Auftreten von Verstopfungen in den Bündeln der Blätter des Zuckerrohres bei gewissen Krankheiten wird man geneigt sein, an andere Ursachen zu denken. Chemische Reize könnten hier vielleicht auf die Zellen einwirken und sie zur Ausscheidung von Verstopfungen bestimmen. Diese Möglichkeit wäre sehr scharf ins Auge zu fassen und zwar ganz besonders mit Rücksicht auf die Sereh, könnte es doch sein, dass die Verstopfungen in diesem Falle gleichsam die Reaktion auf einen von im Zuckerrohr lebenden Organismen ausgehenden Reiz wären.

In analoger Weise wie Janse die Sereh als Gummosis auffasst, wird auch eine andere in Australien beobachtete Zuckerrohrkrankheit als Gummosis beschrieben. N. A. Cobb[1] will beim Zuckerrohr eine Krankheit wahrgenommen haben, bei welcher die Zellwände in Gummi umgewandelt werden. Die Umwandlung soll durch ein parasitäres Bakterium, Bakterium vascularum, hervorgerufen werden. Das Umwandlungsprodukt, das Gummi, bezeichnet Cobb als Vaskulin. Ob hier nicht vielleicht eine Verwechslung mit den von den Zellen des Zuckerrohres ausgeschiedenen gummösen Verstopfungen vorliegt? Bei der Lektüre der Cobbschen Abhandlung habe ich den Eindruck gewonnen, als ob die von ihm beobachtete Krankheit mit der Sereh identisch wäre, wenn nicht, muss sie jedenfalls sehr viel Ähnlichkeit mit ihr besitzen. Eine Nachprüfung dieser Krankheit ist wünschenswert. Sehr gerne hätte

[1] Diseases of the sugar cane. — New South Wales Departement of Agriculture. Sydney 1893, p. 1—21. Mit 14. Abb. — Referat z. B. im Bakteriologischen Centralblatt, II. Abt. 1895.

ich an der Cobbschen Gummosis leidende Pflanzen untersucht, leider ist es mir trotz meiner Bemühungen nicht gelungen, mir krankes Material aus Australien zu beschaffen.

Ähnliche Gummikrankheiten kommen auch bei anderen Pflanzen vor. So ist von Palmeri und Comes[1] eine an den Stengeln von Sorghum saccharatum auftretende und mit Rotfärbung derselben verbundene Krankheit beschrieben worden, welche augenscheinlich mit den Verstopfungserscheinungen bei den serehkranken Pflanzen viel Ähnlichkeit besitzt. Aber auch diese Krankheit ist noch nicht genau genug untersucht worden trotz eines im Jahre 1892 von der Versuchsstation „Midden-Java“ auf Java ausgeschriebenen Preises.

Gleichfalls um ähnliche gummöse Verstopfungen wie beim Zuckerrohr scheint es sich bei den Krankheiten Flachsbrand und Sommerdürre zu handeln. Die von Ritzema Bos[2] in den Gefässen beobachtete Bakterien-Schleimpfropfen scheinen mir nach dem Referat zu urteilen — das Original habe ich nicht kennen gelernt — weiter nichts zu sein als die übliche Verstopfung durch Schutzgummi. Es ist sehr wahrscheinlich, dass eine genaue Aufklärung dieser Krankheiten und der Sorghumkrankheit Anhaltspunkte liefern würde, um der Lösung des Rätsels Sereh etwas näher zu kommen.

Wie notwendig es ist, die Gummikrankheiten sehr skeptisch zu betrachten, wird durch Erfahrungen an der Rebe aus neuer Zeit belegt. Unter dem Namen „Gommose bacillaire“ ist von Prillieux[3] eine Bakterienkrankheit am Weinstock beschrieben worden. Im vorigen Jahre aber hat Rathay[4] den Nachweis geführt, dass die angeblichen Bakterienzooglöen nichts weiter sind als die üblichen Verstopfungen der Gefässe durch Schutzgummi. Bei dieser Rebenkrankheit hat sich also dasselbe abgespielt, wie bei der Sereh; wie dort Prillieux ist hier Janse einer Täuschung

---

[1] Citiert nach Frank, Pflanzenkrankheiten, 2. Aufl. 1896. 2. Bd., p. 30.

[2] Handelingen v./h. Nederl. natuur — en geneskundig congres 1893, blg. 226. Referat in „Archief voor de Java-Suikerindustrie II., p. 37. 1894.“

[3] Prillieux et Delacroix „La gommose bacillaire des vignes“. Comptes rendus. t CXVIII, Nr. 25. 1894, p. 1430.

[4] E. Rathay, Über das Auftreten von Gummi in der Rebe und über die „Gommose bacillaire“. — Jahresbericht und Programm der k. k. önologischen und pomologischen Lehranstalt in Klosterneuburg. Wien 1896.

zum Opfer gefallen. Es wäre nicht zu verwundern, wenn wir bei den anderen Gummikrankheiten dasselbe erlebten.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

1. Die Verstopfungen der Gefässbündel und der Intercellularen des Grundgewebes werden von lebenden Zellen des Zuckerrohres ausgeschieden und sind nicht das Produkt von Bakterien.

2. Diese Verstopfungen sind identisch mit denen, welche sich im Schutzholz, im Splint- und Kernholz dikotyler Pflanzen finden.

3. Bei allen untersuchten Arten und Varietäten von Saccharum wird die Blattnarbe in gleicher Weise verschlossen, durch Ausscheiden von Schutzgummi in die Gefässe, den Siebteil und die Intercellularen des Grundgewebes.

4. Auf Verwundungen reagieren die untersuchten Arten und Varietäten ganz gleich: der Wundverschluss ist der nämliche wie bei den Blattnarben.

5. Bei den Stecklingen werden die äussersten Knoten gegen die an sie anstossenden angeschnittenen Internodien durch einen Wundverschluss abgegrenzt. Die angeschnittenen Internodien gehen zu Grunde.

6. Die Lebensdauer der Stecklinge im Boden ist individuell sehr verschieden. Von gleich behandelten gleich alten Stecklingen gehen manche sehr schnell zu Grunde, während andere sehr langlebig sind. Unter meinen Stecklingen fanden sich unversehrte Exemplare von 18 Monaten. Die individuell ungleiche Lebensdauer der Stecklinge scheint mit der Natur und Beschaffenheit der betreffenden Knospen oder Sprosse zsammenzuhängen.

7. Der Zerstörung der Stecklinge geht immer erst eine Verstopfung der Gefässbündel voraus. Die Internodien werden eher verstopft als die Knoten, und in den Knoten schreitet die Verstopfung von der dem Spross abgewandten Seite auf diesen zu. Der zurückgelegte Weg ist an der Färbung der Verstopfungen kenntlich, sie geht von gelb durch alle Nüancen bis dunkelrot; das ist das letzte Stadium.

8. Ähnlich wie in den Stecklingen treten vielfach auch in den Stöcken zahlreiche Gefässbündelverstopfungen unabhängig von Wunden auf. Meistens sind dann aber die Knoten reichlicher ver-

stopft als die Internodien: es greift hier das entgegengesetzte Verhalten wie beim Steckling Platz.

9. Es spricht nichts dagegen, die Verstopfungen innerhalb der Stecklinge auf innere Ursachen zurückzuführen ähnlich wie bei den dikotylen Bäumen die Verstopfungen im Splint- und Kernholz.

10. Die entsprechenden Verstopfungen im Stock könnten auch durch solche innere Ursachen bedingt sein, die stärkere Verstopfung der Knoten gegenüber den Internodien durch ein Hinzutreten parasitärer Einflüsse.

11. Die Ausscheidung der Verstopfungen erfolgt auf einen Reiz hin, seine Natur ist durchaus unbekannt, selbst in den Fällen, wo die Verstopfungen wie beim Blattfall normal auftreten.

12. Der Habitus der serehkranken Pflanzen wird nicht, wie Janse annimmt, durch die infolge von Verstopfung bedingte verminderte Wasserzufuhr hervorgerufen; denn eine Proportionalität zwischen der Menge der Verstopfungen und der Grösse respektive dem Habitus der Pflanze ist nicht vorhanden. Das verminderte Wachstum der kranken Pflanzen muss also auf andere Ursachen zurückgeführt werden.

Aachen, Technische Hochschule, im März 1897.

Figurenerklärung zu Tafel III.

Fig. 1. Teboe Cheribon, Exemplar Nr. 40. Querschnitt durch das Grundgewebe. Verstopfung in einem Intercellularraum. Vergr. 365.

Fig. 2. Teboe Cheribon, Exemplar Nr. 40. Dasselbe. Ein Intercellularraum mit einer Verstopfung. Vergr. 365.

Fig. 3. u. 4. Teboe Cheribon, Exemplar Nr. 40. Längsschnitt durch das Grundgewebe. Auftreten von Verstopfungen in den Intercellularräumen. Vergr. 365.

Fig. 5. Teboe Cheribon, Exemplar Nr. 37. Längsschnitt durch das Grundgewebe aus einer Wundstelle. Die Intercellularräume mit rötlich gefärbten Verstopfungsmassen erfüllt. Vergr. 440.

Fig. 6. Teboe Cheribon, dasselbe Exemplar wie 5 und aus derselben Stelle. Längsschnitt. Die Intercellularräume mit hell- und dunkelgelb gefärbten Verstopfungen erfüllt. Vergr. 55.

Fig. 7. Teboe Cheribon, dasselbe Exemplar. Querschnitt durch die Wundstelle. Bündel und Intercellularräume mit verschieden gefärbten Verstopfungen erfüllt. Vergr. 42.

Fig. 8. Zuckerrohr aus Guiana. Ein Knoten. Querschnitt. Zwei Gefässe mit den Anfängen der Verstopfungen: a) verbogenes Gefäss, b) normal gestaltetes Gefäss. Vergr. 365.

Fig. 9. Teboe Cheribon, Exemplar Nr. 40. Querschnitt durch ein Gefäss mit den ersten Anfängen der Verstopfungen. Vergr. 440.

Fig. 10. Zuckerrohr aus Guiana. Erster Knoten. Querschnitt durch den Siebteil eines Bündels. Anfänge von Verstopfungen in zwei Siebröhren. Vergr. 365.

Inhalts-Verzeichnis.

Beiträge zur Anatomie des Stockes von Saccharum.

Von

A. Wieler.

Hierzu Tafel IV und V.

Gelegentlich meiner Untersuchung über die beim Zuckerrohr in den Gefässbündeln und in den Intercellularen auftretenden gummösen Verstopfungen habe ich auch der Anatomie des Stockes meine Aufmerksamkeit zugewandt und einige Beobachtungen gemacht, deren Mitteilung mir wünschenswert erscheint. Wie mangelhaft bekannt in jeder Hinsicht das Zuckerrohr ist, kommt demjenigen unliebsam zum Bewusstsein, der gezwungen ist, sich mit demselben zu beschäftigen. Freilich mag es dies Schicksal mit den meisten anderen tropischen Kulturpflanzen teilen. An einer monographischen Bearbeitung der Anatomie des Zuckerrohres fehlt es noch vollständig; wir sind lediglich, so weit meine Kenntnis der einschlägigen Litteratur reicht, auf mehr gelegentliche und aphoristische Angaben von Wiesner,[1] Schwendener,[2] de Bary,[3] Kny[4] und Hohenauer[5] angewiesen. Die Hohenauersche Arbeit enthält im Grunde nichts Neues. Eine systematische Bearbeitung der Anatomie wäre unter diesen Umständen sehr erwünscht und kann den Anatomen unter den Systematikern empfohlen werden, denn nach meiner oberflächlichen Kenntnisnahme der anatomischen Verhältnisse sind aus ihnen Anhaltspunkte zur Unterscheidung der Arten von Saccharum

---

[1] J. Wiesner, Einleitung in die Technische Mikroskopie nebst mikroskopisch-technischen Untersuchungen, Wien 1867.

[2] S. Schwendener, Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen, Leipzig 1874.

[3] de Bary, Vergl. Anatomie der Vegetationsorgane, Leipzig 1877.

[4] L. Kny, Botanische Wandtafeln.

[5] F. Hohenauer, Vergleichend anatomische Untersuchungen über den Bau des Stammes bei den Gramineen. Verh. d. k. k. Zool. Bot. Ges. in Wien, 1893, Bd. XLIII, p. 552—568.

oder wenigstens der Varietäten von Saccharum officinarum zu erwarten. Einstweilen mögen meine Mitteilungen dazu beitragen, einige von den zahlreichen Lücken in unserer Kenntnis auszufüllen.

Als Untersuchungsobjekt diente mir eine Varietät von Saccharum officinarum aus Britisch Guiana und die in Java angebaute Varietät Teboe Cheribon. Für einige Punkte habe ich noch einige andere Varietäten Teboe Branche blanche (Nr. 33), Teboe Loethers (Nr. 32), Teboe Gagak (Nr. 104), Teboe Soerat Njamplong (Nr. 28), Teboe Djoendjoeng und zwei andere Arten von Saccharum in die Untersuchung gezogen: S. spontaneum (Teboe Glagah Nr. 36) und eine unbestimmte Art mit der Bezeichnung Teboe Glonggong (Nr. 37). Dies letztere Rohr ist von Kobus als S. Soltwedelii beschrieben worden, soll aber möglicherweise zu S. arundinaceum oder S. ciliare gehören.[1] Alles Material mit Ausnahme des Rohres aus Guiana stammte aus dem Pflanzgarten der früheren Versuchsstation „Midden-Java“ auf Java und wurde mir auf Veranlassung des damaligen Direktors, Herrn Dr. F. Benecke, gesandt. Die hinter den Rohrbezeichnungen eingeklammerten Nummern sind die Nummern des Varietätenverzeichnisses des Pflanzgartens der Versuchsstation.[2] Das Rohr aus Guiana verdanke ich Herrn J. B. Harrison in Georgetown, dem Leiter des dortigen Government Laboratory. Mit Freuden ergreife ich hier die Gelegenheit, den beiden genannten Herren öffentlich meinen Dank für die Sendungen auszusprechen.[3]

Das untersuchte Rohr aus Guiana war ein schöner Stock, mehrere Meter lang, ohne Blätterschopf und ohne die ältesten untersten Glieder; es war aus Samen gezogen worden. Von dem javanischen Rohr Teboe Cheribon standen mir mehrere Pflanzen zur Verfügung, teils anscheinend gesundes, teils serehkrankes Rohr.

Der Stock von Saccharum ist bekanntlich deutlich in Knoten und Internodien gegliedert. An dem verhältnismässig kurzen, anatomisch durch das Auftreten von Gefässbündelanastomosen charak-

---

[1] Diese Angaben verdanke ich brieflichen Mitteilungen des Herrn Dr. F. Benecke.

[2] Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java“ te Semarang. Registers der in den Proeftuin te Semarang aanwezige Varieteiten; samengesteld door Emil Rietzschel. — Semarang G. C. T. van Dorp & Co., 1890.

[3] Es ist dies dasselbe Material, das mir zu meiner Untersuchung „Die gummösen Verstopfungen des serehkranken Zuckerrohres“ (vergl. diese Beiträge III, p. 29 u. ff.) diente.

terisierten Knoten sitzen die Blätter, den Stock mit breiter Basis umfassend; in dem Blattwinkel befindet sich eine Knospe. Bei normaler Entwicklung fallen die Blätter nach bestimmter Zeit ab. Das verhältnismässig lange Internodium geht nach oben hin ganz allmählich in den Knoten über. Der unterste Teil des Internodiums hingegen setzt sich scharf gegen den Knoten ab und ist durch die Gegenwart von einem oder mehreren Kreisen von Wurzelanlagen ausgezeichnet. Sie sind äusserlich mit blossem Auge sichtbar, und ihrem Vorhandensein ist es wohl zuzuschreiben, dass die Glieder als Stecklinge verwendet werden können. Die Kultur des Zuckerrohres im grossen geschieht ja ausschliesslich durch Stecklinge.

Die Epidermis ist einschichtig und besteht aus lückenlos an einander schliessende Zellen von verschiedener Grösse und Ausbildung, welche bei verschiedenen Varietäten in verschiedener Anordnung auftreten. Fig. 13 Taf. V giebt ein kleines Stück der Oberhaut eines Internodiums des Rohres aus Guiana von der Fläche wieder. Es sind dreierlei Elemente vorhanden, zwei von ihnen bleiben kurz, während die dritte Art stark in die Länge gestreckt ist. Auf vier oder mehr hinter einander liegenden kurzen Zellen folgt eine lange, und dies Verhältnis kehrt mit geringen Abweichungen immer in gleicher Weise wieder. Vergleicht man mit diesem Flächenschnitt einen eines Internodiums von Teboe Cheribon (Fig. 1 Taf. IV), so springt ein bedeutender Unterschied zwischen beiden in die Augen. Auch hier sind die nämlichen Sorten von Zellen vorhanden, die kleineren aber in geringerer Zahl. Auf eine langgestreckte Epidermiszelle mit gewundenen Längswänden folgt ein Paar kleiner Zellen, welche analoge Verschiedenheiten wie die kleinen Zellen beim Rohr aus Guiana besitzen. Andere Varietäten habe ich nicht auf den Aufbau der Epidermis untersucht, doch muss ich aus gelegentlichen Wahrnehmungen vermuten, dass auch bei ihnen ähnliche Verschiedenheiten vorhanden sind.

Unsere beiden Figuren (1, 13) geben den Aufbau der Oberhaut etwa in der Mitte des Internodiums wieder. Auf dem Knoten und im untersten Teile des Internodiums treten kleine Abweichungen hinzu. Die Zellen sind alle in longitudinaler Richtung bedeutend verkürzt, und dabei mag stellenweise auch eine kleine Änderung in der Anordnung unterlaufen. Über den Wurzelanlagen ist die Wandverdickung in den Epidermiszellen mit undulierten Längs-

wänden bedeutend vermindert. Auf dem Knoten gesellen sich zu dem typischen Bilde Spaltöffnungen hinzu; sie sind bei Teboe Cheribon und dem Rohr aus Guiana auf diese Region beschränkt. Bei ersterem erscheinen sie allmählich, wo vom Internodium aus die rote Farbe in das Gelbliche übergeht; schon äusserlich wahrnehmbar gekennzeichnet ist hier die Spaltöffnungsregion durch die dicke weisse Wachsschicht, welche über jeder Spaltöffnung durchlöchert ist. Bei anderen Varietäten oder Arten ist die Verteilung der Spaltöffnungen vielfach eine andere. Ihre Gestalt ist die für die Gräser typische. Die Membranen sind stark verkieselt, so dass Chlorzinkjod sie ungefärbt lässt, und dass beim Verbrennen die Contouren der Schliesszellen deutlich hervortreten.

Die langgestreckten Epidermiszellen haben wellig verbogene Mittellamellen, wie es für Epidermiszellen eine häufige Erscheinung ist; in den Figuren 1, Taf. IV, 13 Taf. V ist das deutlich sichtbar, ebenso in der Abbildung A Fig. 140, (S. 254) bei Wiesner. Die Verdickungsschichten nehmen im allgemeinen denselben Verlauf wie die Mittellamelle, doch ist die Verdickung nicht überall von gleicher Mächtigkeit. Wie die Längsschnitte von Teboe Cheribon und vom Rohr aus Guiana zeigen, ist die Wandverdickung auf der oberen Seite der Epidermiszelle bedeutender als auf der unteren, überhaupt ist sie viel mächtiger bei dem Rohr aus Guiana als bei Teboe Cheribon, wie ein Vergleich meiner beiden Längsschnitte (Fig. 3, 4, Taf. IV) lehrt. Die Verdickungsschichten zwischen benachbarten Zellen sind von einfachen Tüpfeln durchsetzt, und eben solche Tüpfel finden sich zwischen der unteren Wand der Epidermiszelle und der an sie angrenzenden Sklerenchymzelle. Die Mittellamellen sind stark verkieselt, zum Teil auch die Verdickungsschichten, im übrigen sind die Zellwände cuticularisiert, nur auf der unteren Wand erwiesen sich die Verdickungsmassen als verholzt.

Die an diese Epidermiszellen angrenzenden verhältnismässig dünnwandigen und weitlumigen Zellen bieten nichts Besonderes; ihre Wände sind auch cuticularisiert und verkieselt. Umso auffallender hingegen ist die dritte Sorte Zellen. Auf dem Flächenschnitt erscheinen die rechteckigen (Fig. 13, Taf. V) oder in der Mitte schwach bisquitförmig eingeschnürten (Fig. 1,5, Taf. IV) Zellen als eine kompakte weisse Masse, von welcher sich, wenigstens bei Teboe Cheribon, in der Mitte ein stark glänzender Punkt oder eine stark

glänzende Linie abhebt, während beim Rohr aus Guiana in der Mitte der Zellen grössere und breitere derartige Massen wahrnehmbar sind. Unsere Figuren 1, 13, 5 geben Flächenansichten dieser Zellen bei beiden Rohrvarietäten. Diese durch ihr Aussehen unter dem Mikroskop sehr auffallenden Zellen sind die Wiesnerschen Kieselzellen. Auf S. 254 seiner „Einleitung" findet sich eine Abbildung dieser Zellen von der Fläche. Daselbst ist auch ein Querschnitt durch die Epidermis wiedergegeben, doch sind in ihm die Kieselzellen nicht angedeutet. Es ist unmöglich, aus diesen Bildern eine Vorstellung über den Aufbau der Kieselzellen zu erhalten. Das einzige, was man dem Querschnitt entnehmen kann, ist die Thatsache, dass die Epidermiszellen auf der Aussenwand stärker verdickt sind, als auf der Innenwand. Einen tieferen Einblick in den Aufbau der Oberhaut gewähren auch die beiden Querschnitte in de Barys, „Vergl. Anatomie", Fig. 28 A. u. B., S. 88, welche wesentlich mit Rücksicht auf die Wachsbildung veröffentlicht wurden, nicht. de Barys Bilder stimmen mit meinen Erfahrungen und Beobachtungen nicht überein, allerdings ist mir unbekannt, welche Varietät de Bary untersuchte; möglicherweise verhielt sich sein Material abweichend.

Hinsichtlich der Natur der Kieselzellen sind wir auf die Angaben Wiesners angewiesen. de Bary hat denselben nichts hinzugefügt und in dem Kohlschen Werke „Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze" (Marburg 1889) finde ich sie überhaupt nicht erwähnt. Wiesner giebt Folgendes über die Kieselzellen an: „Die Kieselzellen haben in der Flächenansicht eine nahebei quadratische Form und sind schwächer pigmentiert als die Oberhautzellen." „Durch Einwirkung von Chromsäure werden sämtliche Oberhautzellen rasch entfärbt; die Oberhautzellen verfallen alsbald der Wirkung des Reagens, während die Kieselzellen nach der Entfärbung gänzlich unverändert im Reagens verbleiben." Eine befriedigende, geschweige erschöpfende Darstellung ist das keinesfalls, da der Kernpunkt kaum berührt ist. Meine Beobachtungen werden zeigen, dass der Sachverhalt ein anderer ist.

In den beiden untersuchten Rohrvarietäten habe ich niemals eine Färbung der Kieselzellen gesehen. Wenn ich nun auch Alkoholmaterial benutzt habe, so ist es doch nicht wahrscheinlich, dass aus diesen Zellen der Farbstoff ausgezogen worden ist, während er in

den benachbarten Zellen erhalten blieb. Wiesner wird voraussichtlich eine andere Varietät untersucht haben; darauf deutet auch seine Angabe über die Gestalt der Zelle, während die Anordnung der verschiedenen Epidermiselemente derjenigen bei Teboe Cheribon entsprochen haben dürfte. Es ist dann auch nicht ganz ausgeschlossen, dass sich die Kieselzellen bei seinem Rohr hinsichtlich der Verkieselung anders verhalten haben als bei den von mir untersuchten Varietäten, wenn es auch nicht sehr wahrscheinlich ist.

Wiesner und de Bary sprechen übereinstimmend lediglich von einer Verkieselung der Membran in den Kieselzellen. Sie müssen sich alsdann den Sachverhalt folgendermassen gedacht haben. Die Zellwand verdickt sich so stark, dass die Verdickungsmassen fast den ganzen Raum der Zelle bis auf ein kleines Lumen ausfüllen; diese Wandmasse wäre dann in analoger Weise mit Kieselsäure imprägniert worden, wie es überhaupt für die verkieselten Membranen angenommen wird. Wäre das der wahre Sachverhalt, so müsste ein durch Verbrennen hergestelltes Skelett die Kieselzellen ganz unverändert erscheinen lassen. Das ist aber keineswegs der Fall. Im Skelett bieten die Kieselzellen ein ganz anderes Aussehen. Man erblickt jetzt in jeder Zelle einen kompakten eigentümlich gestalteten glänzenden Körper. Was auf dem Flächenschnitt vor dem Verbrennen als Lumen der Zelle erschien, stellt sich als Spitze oder Leiste dieses Kieselkörpers heraus. Die Umhüllung mit der Membran macht es unmöglich, in Wasser oder Glycerin die Gestalt und Grösse dieses Kieselkörpers zu erkennen; selbst in kalter Kalilauge ist das nicht in befriedigender Weise möglich. Die Veraschung bietet ein gutes Mittel, um sich über die Gestalt der Kieselkörper zu orientieren; diese Methode ist aber unbequem, wenn es sich um die Untersuchung der Längs- und Querschnitte handelt. Deshalb war eine Methode erwünscht, bei welcher die Zerstörung der organischen Substanz vermieden wurde. Als für diesen Zweck sehr geeignet habe ich die von E. Küster empfohlene Phenolreaktion[1] erfunden. Sie ist ebenso bequem wie zweckmässig. Der Schnitt wird mit einigen Körnchen Phenol erwärmt. In der so entstehenden Flüssigkeit treten die Kieselkörper und verkieselten Wände scharf hervor, während die unverkieselten Membranen sehr

[1] E. Küster, Die anatomischen Charaktere der Chrysobalaneen, insbesondere ihre Kieselablagerungen. Bot. Centralblatt 1897, LXIX, Nr. 2/3, p. 50.

durchsichtig und undeutlich werden. Nach solchen Phenolpräparaten ist der Quer- und Längsschnitt durch die Epidermis von Teboe Cheribon gezeichnet worden (Fig. 2, 3, Taf. IV). Aus diesen beiden Ansichten und dem Flächenschnitt in Phenol kann man ungefähr die Gestalt des Kieselkörpers konstruieren. Bessere Einsicht in seinen Aufbau erhält man jedoch, wenn man die Kieselkörper isoliert. Das gelingt sehr leicht durch Anwendung von Chromsäure, nur muss man sie konzentriert genug wählen. Ich wundere mich, dass Wiesner die Kieselkörper nicht gesehen hat, da es ihm sogar gelungen ist, mit der Chromsäure die einzelnen Zellen von einander zu trennen. Die Chromsäure wirkt schon in geringerer Konzentration ganz ähnlich wie Phenol; es treten die Kieselkörper scharf und deutlich hervor.

Die Kieselkörper haben der Hauptsache nach die Form der Zellen, in welchen sie liegen. Auf dem Längsschnitt (Fig. 3, Taf. IV) sind die Kieselzellen an der Oberfläche der Oberhaut in longitudinaler Richtung etwas mehr gestreckt als auf der Unterseite; sie überdecken mit dem oberen Ende seitlich ein klein wenig die benachbarten Zellen; auf dem Querschnitt hingegen ist die Breite der Zellen oben und unten annähernd gleich. Der oberflächlichen Vergrösserung der Zelle in longitudinaler Richtung entspricht eine umfangreichere Ausbildung des Kieselkörpers an dieser Stelle. Von der Fläche betrachtet erscheint er vasenförmig. Fig. 6 Taf. IV führt uns den Kieselkörper in senkrechter Projektion vor. Der Umriss der Figur giebt die vasenförmige Gestalt wieder; ihr ist die Basis des Fusses, auf welcher die Vase ruht, eingeschrieben. Die Ränder der Vase sind auf der Längsseite in der Mitte tief eingeschnitten. Also auch von dieser Seite gesehen, ahmt der Kieselkörper die Gestalt der Zelle nach, wenigstens bei Teboe Cheribon (Fig. 5, Taf. IV.) Die Vase geht allmählich in den Fuss über, der mit seiner Grundfläche auf der unteren Wand der Epidermiszelle ruht. In Fig. 7, Taf. IV ist der ganze Körper im isolierten Zustande in etwas schräger Lage abgebildet. Die Vase selbst ist schwach konkav, ihr Fuss bald mehr, bald weniger longitudinal gestreckt. Die vertikal stehenden Wände lassen zuweilen an den Rändern Leisten erkennen, so dass die ganze Wandfläche schwach vertieft erscheint, oder es treten in der Fläche einzelne punkt- oder strichförmige Erhabenheiten hervor. Die Basis der Kieselkörper hat im allgemeinen

einen rechteckigen Querschnitt von wechselnden Dimensionen und trägt in der Mitte in longitudinaler Richtung eine verschieden gestaltete Leiste, welche von der Fläche als Lumen der Zellen erscheint. Die kurzen Seiten des Rechtecks sind wieder etwas höher als der Raum seitlich von der longitudinalen Leiste; hieraus erklärt sich das Aussehen der Kieselkörper in unserem Längsschnitt.

Das ist im allgemeinen die typische Gestalt der Kieselkörper bei Teboe Cheribon, dem Rohr aus Guiana und wohl bei allen Varietäten und Arten von Saccharum, wo sie sich finden. Ihre Grösse kann natürlich sehr schwanken und geht beträchtlich herab, wenn der longitudinale Durchmesser der Zellen sich verkürzt, wie es an der Basis der Internodien und auf den Knoten der Fall ist. Dann kann wohl auch die Gestalt des Vasenfusses eine Änderung erleiden, indem er im Längsschnitt nicht mehr die Gestalt eines Rechteckes sondern eines etwa gleichschenkligen Dreieckes mit zur Vase hingekehrten Basis zeigt.

Auf das Vorkommen von Kieselkörpern in Kieselzellen habe ich noch einige andere Rohrsorten und zwar mit positivem Ergebnis untersucht.

Teboe Gagak: Kieselzellen spärlich vertreten. Schwache Verkieselung der Epidermiszellwände.

Teboe Soerat Njamplong: Kieselzellen reichlich vorhanden. Starke Verkieselung der Epidermiswände und der Schliesszellen.

Teboe Loethers: Kieselzellen reichlich vorhanden. Membranen der Epidermiszellen stark verkieselt.

Teboe Branche blanche: Kieselzellen ziemlich reichlich vorhanden. Stark verkieselte Epidermiszellwände.

Teboe Glagah: Kieselzellen reichlich vorhanden. Epidermiszellwände stark verkieselt; auch die Spaltöffnungen stark verkieselt.

Teboe Glonggong: Kieselzellen spärlich vorhanden. Epidermiszellen nur schwach verkieselt. Spaltöffnungen auch verkieselt.

Teboe Djoendjoeng: Kieselzellen vorhanden; nicht näher untersucht.

Diese Kieselkörper enthaltenden Kieselzellen dürften unter den Gräsern aber eine viel weitere Verbreitung haben; so kommen sie z. B. bei Bambus und Zea Mays vor.

Dass die hier als Kieselkörper bezeichneten Massen in der That solche sind und nicht etwa aus anderen mineralischen Stoffen

bestehen, ergiebt sich aus ihrem Verhalten gegen Reagentien. Beim Verbrennen bleiben sie unverändert, durch Flusssäure werden sie zerstört. Ebenso lösen sie sich durch Kochen mit Kalilauge. Da sie obendrein zwischen gekreuzten Nicols dunkel bleiben, bestehen sie also aus amorpher Kieselsäure. Um ganz sicher zu gehen, dass es sich hier um Kieselsäure handelt, habe ich mich mit diesen mikrochemischen Reaktionen nicht begnügt, sondern die Oberhaut auch noch makrochemisch untersucht. Bei Teboe Cheribon vermochte ich an eingetrocknetem Material leicht grosse Partien der Epidermis mit der daran hängenden subepidermalen Sklerenchymschicht loszulösen, und es wurde so möglich, die Kieselsäuremenge in der Asche dieser Gewebe zu bestimmen. 0,057 gr lufttrockene Substanz lieferten 0,0032 gr oder 5,57 % Asche. Auf Trockensubstanz bezogen, müsste sich dieser Prozentsatz erhöhen. In der Asche wurde die Kieselsäure durch Flusssäure entfernt; es blieb ein Rückstand von 0,0003 gr. Demnach waren in der Asche 90,62 % Kieselsäure vorhanden gewesen. Die Natur des Aschenrestes konnte nicht festgestellt werden. Wie die qualitative Untersuchung lehrte, waren CaO, MgO und P_2O_5 nicht zugegen. Berücksichtigen wir, dass das untersuchte Gewebe nicht ausschliesslich Oberhaut war, diese aber durch den Gehalt an Kieselkörpern reicher an Kieselsäure sein muss als das subepidermale Gewebe, so ist die Wahrscheinlichkeit sehr gross, dass die Asche der Oberhaut fast ganz aus Kieselsäure besteht, und dass diese letztere einen wesentlichen Anteil an dem Aufbau der Epidermis nimmt. — Die erwähnte kleine chemische Untersuchung hatte Herr cand. chem. C. Thaddeeff, Assistent am hiesigen mineralogischen Institut, die Güte für mich auszuführen; ich spreche ihm dafür meinen besten Dank aus.

Die Kieselkörper sind allseitig eingehüllt, deshalb kann man ohne besondere Behandlungsweise nur kleine Teile von ihnen sehen. Behandelt man Flächenschnitte mit Chlorzinkjod, so färbt sich die ganze Epidermis gelbbraun, nur die Kieselzellen bleiben farblos und erscheinen wie weisse Flecke auf der gefärbten Fläche. Dieser Zustand ändert sich erst, wenn die Schnitte mit Kalilauge oder Flusssäure gekocht und so ihrer Kieselsäure beraubt werden. Man erkennt dann, dass die Zellwände verdickt sind, zwischen sich ein Lumen lassen und sich mit Chlorzinkjod blau färben, also aus Cellulose bestehen. An der Oberseite der Kieselzellen tritt jetzt auch

eine Braunfärbung auf, wenn die Behandlung mit Kalilauge vorsichtig ausgeführt worden war. Nach diesem Befund muss man annehmen, dass die Membranen so dicht mit Kieselsäure imprägniert sind, dass ein Eindringen von Chlorzinkjod in dieselbe unmöglich ist, oder dass hier eine organische Verbindung der Kieselsäure vorliegt, welche erst zersetzt werden muss, um die für Cellulose und cuticularisierte Membranen charakteristische Reaktionen zu geben. In jugendlichen Internodien ist diese Wandverdickung bereits zu einer Zeit vorhanden, wo die Kieselkörper noch fehlen, sie färbt sich ohne weiteres mit Chlorzinkjod blau. Bei dem Rohr aus Guiana gelingt es zuweilen auch, die Reaktion zu erhalten, wenn die Kieselkörper bereits ausgebildet sind; in diesen Fällen ist die Membran nicht vollständig verkieselt.

Auch ohne entsprechende Behandlung hann man an diesem Material häufig einen tieferen Einblick in den Aufbau der Zelle erhalten als bei Teboe Cheribon; Beleg dafür ist unser Flächenschnitt (Fig. 13, Taf. V). Auf Querschnitten durch ein junges Internodium von Teboe Cheribon (Fig. 12, Taf. V) scheint die Verdickungsmasse der Zellwand überall fest aufgelagert zu sein, während sie auf dem Flächenschnitt den Eindruck erweckt, als ob sie lediglich an den Einschnürungsstellen auf den Längsseiten befestigt wäre, sich von hier aus ausbreite und der Wand sich anschmiege. Noch deutlicher tritt ein solches Verhalten bei dem Rohr von Guiana hervor, wie wieder aus unserer Fig. 13 ersichtlich ist. Bald scheint die Umhüllungsmasse an einer Seite, bald an zweien an der Wand befestigt zu sein. Möglicherweise ist diese Deutung aber irrig und es handelt sich um eine Art Tüpfel. Ich muss diese Frage offen lassen, deren Beantwortung vielleicht in Zusammenhang mit der Entwicklungsgeschichte der Kieselkörper erfolgen wird.

Ich habe auch dem Punkt, wie die Kieselkörper entstehen, meine Aufmerksamkeit zugewandt, doch gestattete mir mein Material, trotzdem mir von Teboe Cheribon jugendliche Internodien zu Gebote standen, nicht, ihn befriedigend aufzuhellen. Die Kieselkörper müssen sehr schnell vollständig ausgebildet werden, denn ich habe auf demselben Schnitt von jungen Internodien Zellen mit und ohne Kieselkörper gefunden, aber keine entsprechende Zwischenstadien, also teilweise ausgebildete. Wie schon aus der erwähnten Fig. 12, Taf. V ersichtlich, ist die Wandverdickung das Primäre;

entsprechend dem Aussehen auf dem Querschnitt zeigt die von Kieselkörpern freie Zelle auch auf dem Flächenschnitt ein verhältnismässig grosses Lumen. In dem Lumen der meisten dieser Zellen erblickt man einen kleinen unregelmässig geformten Körper, den man für eine Kieselsäureausscheidung und den Anfang des Kieselkörpers zu halten geneigt ist. Da er aber bei der Behandlung der Schnitte mit Chromsäure verschwindet, beim Kochen mit Kalilauge erhalten bleibt, so kann er nicht gut als Anfang des Kieselkörpers gedeutet werden. Wenn es nun auch sehr wahrscheinlich ist, dass bei Saccharum die Kieselkörper in analoger Weise entstehen wie diejenigen in den Stegmata der Orchideen, Scitamineen, Pandanaceen, Palmen u. a. m.,[1] so bin ich doch nicht imstande, einen sicheren Beweis dafür zu erbringen. Wahrscheinlich ist auch, dass die Verdickungsschichten der Wand noch nach oder während der Ausbildung der Kieselkörper wachsen. Das Aussehen der mit Flusssäure behandelten Zellen deutet darauf hin, während die mit kochender Kalilauge behandelten Zellen in dieser Hinsicht weniger sichere Schlüsse gestatten. Jedenfalls greift die Membran in alle Vertiefungen der Kieselkörper ein.

Die Verteilung der Fibrovasalstränge im Stock ist, im Querschnitt gesehen, die typische der monokotylen Pflanzen. Nach dem Rande zu stehen sie dichter gedrängt und sind zahlreicher als weiter im Innern. Die dem Rande nächsten Bündel sind sehr klein. Im allgemeinen kann man wohl sagen, dass die Randpartie verhältnismässig mehr kleine Gefässbündel besitzt als die zentrale des Querschnitts, wenn es auch hier nicht an solchen fehlt. Bei den Strängen dieser Partie sind die Sklerenchymscheiden von viel geringerer Mächtigkeit als bei den nach dem Rande zu liegenden.[2]

Der Aufbau der Gefässbündel ist nicht immer der nämliche und typische, wie er aus den Knyschen Wandtafeln bekannt ist. Den typischen Aufbau zeigen die im Innern gelegenen Bündel in ausgeprägterem Masse als die der Randzone. Fig. 9, Taf. IV, führt uns ein typisches Monokotylenbündel aus dem Innern des Guianarohres vor, doch liegen bei Teboe Cheribon die Verhältnisse ebenso. Es sind primäre Gefässe vorhanden; im Anschluss an sie haben sich zwei grosse Intercellularräume gebildet. Nach dem Siebteil

[1] Vergl. Kohl, Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg 1889, p. 266 ff.

[2] Vergl. auch Schwendener, Mech. Prinzip etc., p. 64.

zu, rechts und links von den primären Gefässen, stehen die beiden grossen Tüpfelgefässe. Der Siebteil ist normal und gross ausgebildet. Die Umscheidung ist an den Längsseiten unbedeutend, an den kurzen Seiten ansehnlich. Die Sclerenchymfasern schliessen lückenlos an einander. Wenn diese typischen Fibrovasalstränge in der Randpartie auftreten, erfährt die Sklerenchymscheide besonders auf der inneren Seite eine bedeutende Verstärkung.[1]

Neben den typischen Gefässbündeln finden sich zahlreiche mit erheblichen Abweichungen im Aufbau. So treten Gefässbündel ohne primäre Gefässe, also nur mit Tüpfelgefässen auf; mit den primären Gefässen fehlt dann natürlich auch der Intercellularraum. Dieser kann übrigens auch in Bündeln fehlen, welche hinsichtlich der Gefässe typisch ausgebildet sind. Eine weitere Verschiedenheit im Aufbau ist ferner durch die Zahl der getüpfelten Gefässe bedingt, ob sie in Ein- oder Zweizahl vorhanden sind. Fig. 10, Taf. V ist die Abbildung eines Gefässbündels mit nur zwei Tüpfelgefässen aus der Randpartie des Guianarohres. Die Fig. 11 und 12, Taf. V führen uns Bündel vor, in denen nur ein einziges Gefäss vorhanden ist. Fig. 11 stellt ein Bündel aus der Randpartie des Guianarohres, Fig. 12 ein solches aus der Randpartie eines jungen Internodiums von Teboe Cheribon dar. Entsprechend der Reduktion des Xylemteiles ist auch der Phloemteil stark reduziert. Die Bündel sind ringsherum von einer Sklerenchymscheide eingeschlossen, die auf der inneren Seite eine bedeutende Entwicklung erfahren hat. Auch hier schliessen die Sklerenchymfasern lückenlos an einander.

Irgend eine Gesetzmässigkeit in der Verteilung der typisch ausgebildeten und der unvollkommenen Bündel ist nicht zu erkennen. Mitten zwischen den typisch ausgebildeten Gefässbündeln im zentralen Teil des Stengels finden sich immer einzelne Gefässbündel mit nur einem Gefäss; im allgemeinen kommen die unvollkommenen Bündel in der Randpartie in grösserer Zahl vor. Nach der allgemein herrschenden Ansicht über die Bedeutung der primären Gefässe überrascht die Thatsache sehr, Bündel ohne solche zu finden. Da während der Streckung des wachsenden Organs primäre Gefässe entstehen sollen, um der Längenausdehnung Folge leisten zu können, müsste man annehmen, dass sich diese unvollkommenen Gefässbündel

[1] Vergl. de Bary, l. c., p. 438.

erst nach vollendeter Streckung des betreffenden Gliedes differenziert haben. Diese Frage wäre natürlich nur aus der Entwicklungsgeschichte zu beantworten, über die mir keine Beobachtungen vorliegen: der fertige Zustand lässt keine weiteren Schlüsse zu. Solche unvollkommene Gefässbündel sind, soweit ich sehe, bei den Gramineen nur an den Blättern von Oryza sativa[1] beobacht worden. Bei anderen monokotylen Pflanzen, z. B. den Palmen, scheinen nach den Untersuchungen von Strasburger[2] derartige Gefässbündel als Reduktionen der absteigenden Blattspuren im Stamm vorzukommen. Eine befriedigende Beantwortung der oben aufgeworfenen Frage scheint mir damit nicht gegeben zu sein.

Wie der Anschluss der umscheideten Gefässbündel an das Grundgewebe statthat, ist aus den Figuren ersichtlich. Die hierbei entstehenden Intercellularräume von verschiedener Gestalt im Querschnitt sind häufig mit einer glänzenden stark lichtbrechenden Masse fest ausgefüllt. Bei Anwendung geeigneter Reagentien erweist sie sich als Kieselsäurekonkretionen. Sind viele Intercellularräume mit ihnen erfüllt, so erscheint ein umscheidetes Gefässbündel von einem Kranz von Kieselkonkretionen umgeben zu sein. Solche Kieselausfüllungen sind aber nicht auf diese Stelle des Grundgewebes beschränkt, sondern kommen auch in den Intercellularräumen des interfascikularen Grundgewebes vor, so dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den Ausscheidungen und den Gefässbündeln nicht angenommen werden muss. Die Art und den Ort des Auftretens dieser Ausfüllungen habe ich bei Teboe Cheribon näher verfolgt, habe mich aber davon überzeugt, dass sie auch bei den anderen mir zugänglichen Arten und Varietäten von Saccharum vorkommen, also bei Teboe Branche blanche, Loethers, Gagak, Soerat Njamplong, Djoendjoeng, Glonggong und Glagah.

Die Gestalt der Ausscheidungen wechselt, da sie der Abguss der sehr verschieden gestalteten Intercellularräume sind. Bald sind sie von glänzenden glatten Flächen begrenzt (Fig. 8, Taf. IV), bald scheinen sie eine trübe schaumige Struktur zu besitzen, indem sie mit kleinen Erhabenheiten oder Vertiefungen versehen sind. Zuweilen erblickt man auch nach dem Glühen in den Kieselsäure-

---

[1] Theo Holm, A study of some anatomical characters of North American Gramineae VI, Bot. Gazette Vol. XXI, p. 359.

[2] Histologische Beiträge III.

ausscheidungen Luftblasen eingeschlossen. Bei unvollständiger Verbrennung, wenn die Asche nicht rein weiss geworden, sind die Ausscheidungen teilweise schwärzlich, was auf Beimengung organischer Stoffe schliessen lassen würde. Für die Entstehung der Ausscheidungen dürfen wir wohl denselben Modus wie für die des Tabaschir annehmen; auch ihrer chemischen Natur nach dürften sie identisch sein. So würden die Kieselsäurekonkretionen im zentralen Hohlraum der Internodien bei Bambusa unter den Gräsern nicht vereinzelt dastehen, wenn es sich in unserem Fall auch nur um intercellulare Ausfüllungen von mikroskopischer Grösse handelt. Möglicherweise kommen solche gleichfalls bei Bambusa vor, wo ja die Membranen so stark verkieselt sind.

Nach Ernst Küster[1] soll das Verhalten der Kieselsäureausscheidungen gegenüber violetten Jodlösungen darüber Aufschluss geben, ob es sich um tabaschirartige Ausscheidungen oder um kompakte Kieselsäuremassen handelt. Im ersten Falle nehmen die Massen die typische Farbe der braunen Jodlösungen an. Als ich Jod in Chloroform gelöst auf die Ausfüllungen der Intercellularräume einwirken liess, trat die gelbbraune Färbung auf; es würde also diese Reaktion auf eine Übereinstimmung der Ausscheidungen beim Zuckerrohr mit dem Tabaschir hinweisen.

Da nach Küster verkieselte Membranen dasselbe Verhalten gegenüber den violetten Jodlösungen zeigen, lag es nahe, auch auf die Epidermis des Zuckerrohres die Jodlösung einwirken zu lassen. Die durch Glühen hergestellten Skelette färbten sich gelbbraun. Die Kieselkörper scheinen aber nicht in ihrer Totalität gefärbt zu werden; ihre mittleren Partien färbten sich nämlich, wenn man sie von der Fläche betrachtet, bedeutend weniger als die Randpartien. Weiter habe ich diese Verhältnisse nicht verfolgt. Doch will ich nicht unterlassen, auf folgende Beobachtung hinzuweisen. Um mir Kieselskelette in grösserer Menge herzustellen, glühte ich im Platintiegel auf dem Gebläse längere Zeit eine ansehnliche Masse Epidermis. Nachdem die Asche weiss geworden war, liess ich wieder die Jodlösung auf die so gewonnenen Skelette einwirken. Jetzt konnte gar keine Färbung mit der Jodlösung hervorgerufen werden.

Hinsichtlich der Ausbildung der Sklerenchymscheide habe

[1] Über Kieselablagerungen im Pflanzenkörper, Ber. d. d. bot. Ges. 1897, Heft 2, p. 136.

ich Teboe Cheribon näher untersucht, weil mir von dieser Varietät eine grössere Zahl von Exemplaren zur Verfügung stand, und zwar anscheinend gesunde und serehkranke Exemplare. Diese letzteren sind im allgemeinen durch ihre geringeren Grössenverhältnisse, also durch mangelhaftes Wachstum ausgezeichnet, wodurch die Pflanzen einen vom normalen Habitus abweichenden Wuchs erlangen. Die Glieder bleiben kurz und haben einen kleinen Querdurchmesser; dadurch rücken die Blätter dicht aneinander und verleihen der Blattkrone ein fächerförmiges Aussehen. Entsprechend dem geringen Wachstum des Stengels bleiben auch die Blätter kürzer und schmäler als am normalen Rohre, sie sollen auch längere Zeit am Stock sitzen bleiben als normaler Weise, sodass der Stock dicht von Blättern eingehüllt erscheint. Durch dies Verhalten macht das Rohr gegenüber dem gesunden den Eindruck von verzwergten Pflanzen.[1]

Bei der Untersuchung mehrerer Exemplare stellten sich nicht unerhebliche Verschiedenheiten in der Wandverdickung der Sklerenchymfasern heraus. Exemplare von gleicher Höhe und gleichem Alter zeigten in dieser Hinsicht im allgemeinen Uebereinstimmung, vollkommene natürlich nicht; kleine Differenzen finden sich stets, ja treten sogar zwischen den verschiedenen Gliedern eines und desselben Stockes auf, was auch nicht überraschen kann, da ihre Ausbildung durch die während derselben wirksamen äusseren Vegetationsfaktoren mitbedingt sein muss. Bedeutendere Unterschiede ergaben sich bei einem Vergleich gleichalter Pflanzen von ungleichem Wuchs. An kleinen Pflanzen wie den oben geschilderten serehkranken sind die Wände der Sklerenchymfasern viel weniger verdickt als an stattlichen gesunden Exemplaren. Mit der geringen Wandverdickung pflegt eine geringere Verholzung der Fasern Hand in Hand zu gehen. Eine Erklärung für die Verschiedenheit in der Ausbildung der Sklerenchymfasern ist den anatomischen Verhältnissen nicht zu entnehmen; hier kann nur das Experiment Aufschluss gewähren. Immerhin lässt sich vielleicht die Richtung andeuten, in welcher die Erklärung zu suchen ist.

Man könnte vermuten, dass bei den verzwergten Exemplaren das plastische Material zur normalen Ausbildung der Gewebe nicht ausreichte. Wenngleich eine solche Vermutung a priori nicht zu

[1] Eine Abbildung von serehkrankem Rohr findet sich in dem Tafelwerk von Soltwedel-Benecke, „Saccharum officinarum L.", Berlin 1892.

widerlegen ist, so sprechen doch andererseits die bekannten Thatsachen nicht zu ihren Gunsten. Denn bei typisch verzwergten Pflanzen pflegt eher das Umgekehrte aufzutreten; die Sklerenchymfasern sind eher stärker verdickt und verholzt als bei den normalwüchsigen. Mit den verfügbaren Nährstoffen vermag die Pflanze sich derartig einzurichten, dass sie harmonisch in allen Teilen, wenn auch in verkleinertem Massstabe, ausgebildet wird. Man wird also die Ursache für das von der Regel abweichende Verhalten der kleinen Zuckerrohrpflanzen in anderen Umständen suchen müssen. Unter den die Ausbildung der Gewebe beeinflussenden Vegetationsfaktoren spielen Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse eine wichtige Rolle.

Nach Untersuchungen von L. Koch[1] über das Lagern des Getreides wird die Verdickung der Sklerenchymfassern im wachsenden Stengel der Gräser durch Beschattung beeinträchtigt. Das Nämliche muss auch für unser Zuckerrohr gelten. Durch den dichten Zusammenschluss der Blätter um den Stock werden die Glieder verhältnismässig beschattet werden. Hieraus liesse sich sehr wohl die geringere Wandverdickung in unseren Exemplaren erklären. In demselben Sinne kann aber auch die Feuchtigkeit wirken. In den Fällen, wo die Verzwergung auf relativen Wassermangel zurückzuführen ist, tritt hinsichtlich der Ausbildung der Sklerenchymfasern das dem hier beobachteten entgegengesetzte Verhalten auf.[2] Ob aber bei den kleinen Zuckerrohrpflanzen Wassermangel die Ursache für die Verzwergung ist, ist durchaus nicht erwiesen, ist sogar noch sehr zweifelhaft. Unmöglich ist es nicht, dass die Stockglieder wenigstens insofern nicht an Wasser Mangel leiden, als sie sich durch die dichte Umkleidung mit Blättern in einem verhältnismässig feuchten Raume befinden. Eine endgültige Entscheidung, welcher Faktor der wirksame ist, könnte nur durch den Versuch herbeigeführt werden.

Abweichungen machen sich zwischen den einzelnen Exemplaren

---

[1] Abnorme Änderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung. Berlin, bei Wiegandt und Hempel, p. 9.

[2] Vergl. Kohl, Die Transpiration der Pflanzen und ihre Einwirkung auf die Ausbildung pflanzlicher Gewebe. Braunschweig 1886.

Wieler, Über Anlage und Ausbildung von Libriformfasern in Abhängigkeit von äusseren Verhältnissen, Bot. Ztg. 1889.

Wieler, Über die Beziehung zwischen Wurzel- und Stammholz. Tharander forstliches Jahrbuch. 1891, 41. Bd.

auch hinsichtlich des Umfanges der Sklerenchymscheiden bemerkbar, wie das den veränderten Wachstumsverhältnissen entsprechend ist.

Die Sklerenchymscheiden der Gefässbündel übernehmen ganz wesentlich die Aufgabe der Festigung des Stockes, weshalb sie auch nach der Peripherie zu in grösserer Zahl und Mächtigkeit auftreten. In dieser Funktion finden sie bei der subepidermalen Sklerenchymzone eine Unterstützung. Sie bildet einen mehrschichtigen Hohlzylinder unmittelbar unter der Epidermis um das Internodium herum. Die Ausbildung des Gewebes ist nicht in allen Teilen eines Gliedes gleich, und es ist deshalb erforderlich, sie durch das ganze Glied hindurch zu verfolgen. Beginnen wir der Einfachheit halber an der Blattnarbe.

In Fig. 15, Taf. V ist bei schwacher Vergrösserung ein Längsschnitt durch den Knoten des Guianarohrs roh skizziert. Das Blattrudiment bei a ist der ganzen Dicke nach verstopft, indem die Intercellularen des meistens aus parenchymatischen Elementen bestehenden Gewebes mit Wundgummi dicht erfüllt sind;[1] ebenso sind die durchgerissenen Gefässbündel verstopft. Zwischen den im allgemeinen isodiametrischen Zellen des Grundgewebes finden sich einzelne Zellen oder Gruppen von Zellen, welche stark und meistens einseitig verdickt sind. Die stärkere Wandverdickung pflegt nach unten oder nach der Stockseite hin gerichtet zu sein. Bei b liegt im Stock unter der Epidermis eine breite Zone sklerenchymatischer Zellen (6—7 Reihen), welche sehr stark, aber vorwiegend auch einseitig verdickt sind; die stärkere Wandverdickung befindet sich hier auf der inneren Seite. An diese Partie schliesst sich an der Biegungsstelle b im Blattrudiment eine breite Zone gleichgestalteter Zellen von geringerer Längsstreckung an. Die stärkere Wandverdickung befindet sich entweder auf der dem Stengel zugekehrten Seite, oder ist nach unten gerichtet.

Die an der Biegungsstelle im Stock liegenden sklerenchymatischen Zellen sind nicht streng isodiametrisch, sondern in longitudinaler Richtung bedeutend stärker gestreckt. Von hier setzt sich

---

[1] Vergl. über diese Ausfüllungen der Intercellularräume durch Wundgummi Molisch, Zur Kenntnis der Thyllen, nebst Beobachtungen über Wundheilung in der Pflanze. Sitzber. d. Mathem. Naturw. Classe d. Wiener Akad. d. Wiss. 1888. 97. Bd., I. Abt. — Wieler, Die gummösen Verstopfungen etc.. Beitr. zur wissenschaftl. Bot. II, p. 29 u. ff.

unsere Sklerenchymzone durch das Internodium bis in das nächst höhere Blatt fort und tritt in wechselnder Mächtigkeit auf. Von der erwähnten Gruppe aus nimmt anfänglich der Längsdurchmesser der Zellen zu; im Knoten, wo die Zone in das Blatt übergeht, vermindert sich der Längsdurchmesser wieder, die Zellen werden streng isodiametrisch. Dort sind 7—8 Zellreihen vorhanden; ihre Zahl vermindert sich allmählich, um schliesslich auf 4—5 Zelllagen herabzusinken. In Fig. 4, Taf. IV ist ein Stück eines Längsschnittes aus dem mittleren Teil des Internodiums abgebildet. Auf der nach innen gewandten Seite sind die Wände dieser Sklerenchymzellen sehr stark, auf der entgegengesetzten Seite schwach verdickt. Die Verdickungsschichten sind von zahlreichen verzweigten und unverzweigten einfachen Tüpfeln durchsetzt, welche in für Steinzellen charakteristischer Weise in benachbarten Zellen korrespondieren. Die Mittellamellen und Verdickungsschichten dieser lückenlos aneinander schliesenden Zellen sind stark verholzt. Ihr Querschnitt ist polygonal, wie aus Fig. 10, Taf. V ersichtlich ist. In dieser Zeichnung ist nur bei einigen die Wandverdickung und bei anderen die Tüpfelung angedeutet worden.

Im unteren Teile über den Wurzelanlagen setzt die Sklerenchymzone aus.

Der hier geschilderte Aufbau der subepidermalen Sklerenchymzone trifft im wesentlichen auch für Teboe Cheribon zu, doch sind erwähnenswerte Abweichungen vorhanden. Während die Zone beim Guianarohr 4—5 Zelllagen mächtig ist, besteht sie bei Teboe Cheribon aus 2—3. Unterhalb der Ansatzstelle des Blattes, also wenn wir dieselbe Figur wie für das Guianarohr (Fig. 15, Taf. V) zu Grunde legen, also unterhalb a eine kurze Strecke abwärts ist unsere Zone am mächtigsten, etwa 4—5 Zelllagen breit. Die Zellen sind von wechselnder Grösse, annähernd isodiametrisch, der eventuell längere Durchmesser steht senkrecht zur Längsaxe des Organs. Unterhalb dieser Region vermindert sich die Zahl der Zelllagen auf zwei. Der Längsdurchmesser ihrer Zellen läuft parallel mit dem ihres Gliedes und übertrifft den Querdurchmesser um das Mehrfache. Dieser Richtungswechsel der Längsaxe der Zellen vollzieht sich natürlich nicht plötzlich, sondern ganz allmählich. Demnach ist die subepidermale Zone bei normaler Gliedlänge in ihrem grösseren Teil zweischichtig, wie es in Fig. 14, Taf. V im fertigen, in Fig. 12,

Taf. V im jugendlichen unentwickelten Stadium angedeutet ist. Natürlich ist sie nicht an allen Stellen eines Internodiums gleich breit; es kommen immer Schwankungen vor, aber sie liegen doch innerhalb sehr enger Grenzen, so dass die Zone nicht breiter als drei Zelllagen breit wird. In dieser Mächtigkeit zieht sich die Zone durch das ganze Internodium abwärts, bei b sind die Zellen in dreischichtiger Lage vorhanden; die Wurzelanlagen werden natürlich auch hier freigelassen. Werden die Internodien sehr kurz, wie es ja vorkommen kann, so kann man beim Durchschneiden eine verhältnismässig mächtige subepidermale Zone antreffen, da der Teil mit ihrer schwächsten Entwicklung ausfällt, während der Teil oberhalb b und unterhalb a in demselben Gliede zusammenrücken.

Die Wandverdickung dieser Sklerenchymzellen ist bei Teboe Cheribon bedeutend geringer als bei dem Guianarohr. Übrigens treten innerhalb gewisser Grenzen Unterschiede in der Wandverdickung an einem und demselben Exemplar auf. Ebenso kehren solche Unterschiede bei einem Vergleich verschiedener Exemplare wieder. Auf diesen Punkt hin habe ich gesundes und serehkrankes Teboe Cheribon untersucht. Bei den kranken, den kleineren Exemplaren, waren die Zellen weniger verdickt als bei gesunden.

Das ungleiche Verhalten der subepidermalen Sklerenchymzone beim Guianarohr und beim Teboe Cheribon legt den Gedanken nahe, ob unter den übrigen Varietäten von Saccharum officinarum und den anderen Arten von Saccharum nicht ähnliche Abweichungen vorkommen, welche für systematische Zwecke verwendbar wären. Nach den Angaben von Schwendener muss man annehmen, dass bei Saccharum striatum die Sklerenchymzone ganz fehlt. Für Saccharum spontaneum (Teboe Glagah) und für die unbekannte Art von Saccharum (Teboe Glonggong) habe ich mich überzeugt, dass die Sklerenchymzone vorhanden ist, und dass ihr Aufbau vollkommen dem oben für Teboe Cheribon und das Guianarohr angegebenen entspricht. Weiter aber habe ich diese Verhältnisse nicht verfolgt, auch nicht für die übrigen mir zugänglichen Varietäten von Saccharum officinarum.

An die subepidermale Sclerenchymzone schliesst sich bei dem Guianarohr bedeutend weniger verdicktes und verholztes Grundgewebe. Diese Grundgewebszone ist in radialer Richtung von an verschiedenen Stellen ungleicher Mächtigkeit. Die bedeutendste

Ausdehnung erfährt sie im unteren Teile des Internodiums. Zwischen b und c in unserer Fig. 15, Taf. V ist eine unter dem Mikroskop deutlich wahrnehmbare Ausbuchtung vorhanden. Das Gewebe hier besteht aus mit ihrem Längsdurchmesser senkrecht zur Längsaxe des Organs gestellten Parenchymzellen., und zwar nimmt die Längsstreckung von innen nach aussen ab. Von c an aufwärts geht die Längsstreckung der Zellen allmählich aus der radialen in die longitudinale Richtung über. Sie sind in Fig. 10, Taf. V als verhältnismässig dünnwandige Zellen mit Intercellularräumen auf dem Querschnitt sichtbar. Wahrscheinlich führen sie Chlorophyllkörner, doch kann ich das nicht mit Sicherheit behaupten, da mir nur Alkoholmaterial vorlag. Sollte meine Annahme zutreffen, so dürften wir diese Zone als Assimilationsgewebe bezeichnen.

An dies Assimilationsgewebe schliessen sich Zellen mit stärker verdickten und verholzten Wänden an. Ihr mit der Längsaxe des Organs zusammenfallender Längsdurchmesser übertrifft den Querdurchmesser um das drei- bis fünffache. Auf dem Querschnitt sind die Durchmesser annähernd gleich. Die Zellen lassen zwischen sich Intercellularen und haben einfache korrespondierende Tüpfel, welche in den Zellen unserer Fig. 10, Taf. V weggelassen worden sind. So ist die Beschaffenheit des Grundgewebes zwischen den randständigen Bündeln. Das Gewebe zwischen den zentralen Bündeln ist weniger dickwandig, mehr oder weniger verholzt und mit ziemlich zahlreichen einfachen Tüpfeln ausgestattet. Eine Abbildung dieser Zellen findet sich bei Wiesner auf S. 257 in Fig. 141. Wie ein Vergleich unserer Figuren 10, Taf. V und 9 Taf. IV erkennen lässt, sind diese Zellen auf dem Querschnitt viel grösser als die entsprechenden in der Randpartie; dafür ist ihr Längsdurchmesser entsprechend kleiner, er beträgt etwa das $1^1/_2$ fache des Querdurchmessers.

In der Ausbildung des interfascikularen Grundgewebes machen sich wesentliche Unterschiede zwischen Teboe Cheribon und dem Guianarohr nicht bemerkbar. Unterschiede treten aber hervor bei Teboe Cheribon — das Guianarohr wurde daraufhin nicht untersucht — in verschiedenen Gliedern desselben Exemplares und an verschiedenen Exemplaren.

Die endgültige Ausbildung geschieht im Internodium von allen Geweben am spätesten. Die Gefässbündel scheinen zuerst vollendet

zu sein, dann folgt die subepidermale Sklerenchymzone und den Beschluss bildet das interfascikulare Grundgewebe. Normalerweise verdicken sich seine Zellen und verholzen. Abweichungen kommen nur insofern vor, als Zellzüge vorhanden sein können, die teils aus dünnwandigen, teils aus weniger verholzten Elementen bestehen, und zwar kann die Ausbildung in verschiedenen Gliedern derselben Pflanze ungleich sein. Ähnliche Abweichungen bemerkt man, wenn man gesundes Rohr mit serehkrankem vergleicht. Bei letzterem, so lässt sich im allgemeinen behaupten, beharrt das Grundgewebe auf dem Stadium unvollkommener Entwicklung, also in Bezug auf Verdickung und Verholzung auf dem Zustande normaler jugendlicher Internodien. Besonders deutlich ist dies an Exemplaren mit kleinen Gliedern zu beobachten. Aber selbst an Exemplaren mit Gliedern von immerhin beträchtlicher Grösse ist die Ausbildung eine ebenso unvollkommene. Denen stehen wieder Exemplare mit kurzen und dünnen Gliedern gegenüber, deren Grundgewebe normal ist oder sich dem normalen Zustande nähert. Allgemeine Schlüsse lassen sich aus diesen Beobachtungen nicht ziehen; zum grossen Teil werden diese Erscheinungen wohl auf Einwirkung der Vegetationsfaktoren zurückzuführen sein. Zu solchem Schluss wurden wir ja auch hinsichtlich der Ausbildung der Sklerenchymfasern gedrängt und müssen wir in Bezug auf die ungleiche Ausbildung der Sklerenchymzellen der subepidermalen Zone bei gesundem und krankem Teboe Cheribon auch kommen. Aber alle hier geäusserten Vermutungen können nur durch zweckentsprechend angestellte Versuche eine befriedigende Beantwortung erfahren.

Da mir nur Alkoholmaterial zur Verfügung stand, konnte ich unter den Inhaltsstoffen nur auf das Vorkommen und die Verbreitung von Stärke prüfen. Von den Kohlehydraten kann der Hauptsache nach bloss Zucker als Reservestoff auftreten — seinetwegen wird das Zuckerrohr ja angebaut — so ist es nicht sehr wahrscheinlich, dass grosse Mengen Stärke vorhanden sind, ja man kann sogar mit der Möglichkeit rechnen, dass sie überhaupt fehlt. Meine Untersuchungen an dem Guianarohr und dem Teboe Cheribon haben mir gezeigt, dass die Stärke freilich nicht fehlt, dass sie aber nur in geringer Menge vorhanden und ihr Auftreten lokal beschränkt ist. Den Vegetationspunkt mit den allerjüngsten Gliedern habe ich nicht untersucht; über ihre Stärkeverhältnisse

kann ich also keine Angaben machen. Soweit die Stärke in den ausgewachsenen Gliedern auftritt, findet sie sich nur im unteren Teil des Internodiums und ist hier auf die Gefässbündelscheiden beschränkt. In jüngeren noch nicht fertig ausgebildeten Gliedern ist ihre Verbreitung eine weitere. Sie tritt da in der ganzen Länge der Stärkescheide in den Internodien auf: sie kann sogar in den Gefässbündelscheiden des Knotens vorkommen, ja bei noch jüngeren Gliedern findet sie sich selbst im Grundgewebe des Internodiums, doch ist sie hier nur als transitorische Stärke anzusehen.

Die Stärke pflegt nicht in allen ausgewachsenen Internodien mit der angegebenen Beschränkung aufzutreten, sondern die ältesten Glieder sind meistens ganz frei von ihr; auch in jüngeren Gliedern kann sie zuweilen fehlen. Wenn sie, was auch vorkommen kann, in ganz jungen Teilen fehlt, könnte man vermuten, dass diese Erscheinung mit der Tageszeit zusammenhängt, zu welcher das Rohr geschnitten wurde. Einige Beispiele werden besser als viele Worte über das Auftreten der Stärke orientieren. Ein aus 39 Gliedern bestehender Stock von Teboe Cheribon zeigte, von unten gerechnet, Stärke erst im 9. Internodium, doch nur in sehr geringer Menge. In noch geringerer Menge wurde sie jedoch im 39. Internodium angetroffen. Von einem anderen Exemplar derselben Varietät wurden die vorhandenen 46 Glieder untersucht. Sie wurde zuerst im 21. Gliede beobachtet und fehlte wieder im 45. und 46.

Dass die Stärke in den ausgewachsenen Gliedern, soweit sie vorhanden ist, lokal beschränktes Auftreten zeigt, ist natürlich nicht zufällig und muss mit bestimmten Vorgängen in den Internodien zusammenhängen. Das Auftreten der Stärke in dem unteren Teil der Stärkescheiden des Internodiums, also in demjenigen Teil, wo das Glied am längsten wachstumsfähig bleibt und wo Neubildungen stattfinden, würde von vorne herein die Meinung widerlegen, es handle sich bei den Stärkescheiden um Leitungsbahnen für die Kohlehydrate, wenn die Sachssche Ansicht nicht schon durch die Untersuchungen von H. Heine[1] als irrig erwiesen worden wäre, Vielmehr sollen nach ihm die Stärkescheiden Reservestoffbehälter vorstellen; in ihnen soll das zur Verdickung der Sklerenchymfasern erforderliche Material abgelagert werden. Diese Auffassung würde

[1] Über die physiologische Funktion der Stärkescheide. — Ber. d. d. bot. Ges. III, 1885, p. 189 ff.

befriedigend erklären, warum in jungen, noch im Wachstum begriffenen Gliedern Stärke in der Stärkescheide des ganzen Internodiums und des Knotens auftritt, während sie in älteren lediglich auf den unteren Teil des Internodiums beschränkt bleibt. Dann müsste den Fibrovasalsträngen an dieser Stelle sehr lange die Fähigkeit bleiben, ihre Sklerenchymfasern zu verdicken. So fand sich noch im ersten Internodium des 14 Monate alten Rohres aus Guiana Stärke, trotzdem nur einige wenige noch ältere Glieder fehlten. Sind so alte Internodien in der That noch imstande, ihre Sklerenchymfassern zu verdicken? Die Antwort darauf kann man nur von Untersuchungen an lebendem Material erwarten. Diese Beobachtungen erinnern an das Verhalten unserer Getreidearten; bei ihnen bleibt das Knotengewebe noch lange Zeit veränderungsfähig, damit die Halme sich unter den geeigneten Umständen geotropisch aufwärts krümmen können. Wenn eine derartige Krümmungsfähigkeit in den Knoten des Zuckerrohres auch nicht vorkommt, so ist doch die Stelle im Internodium oberhalb des Knotens die Region, in welcher Neubildungen stattfinden, indem hier Wurzeln aus den präformierten Anlagen entstehen können. Möglich, dass mit Rücksicht auf solche Neubildungen die endgültige Ausbildung der Sklerenchymfasern weit hinausgeschoben wird.

Auch an eine andere Möglichkeit zur Erklärung des Stärkevorrates in den Stärkescheiden könnte man denken, man könnte ihn als Baumaterial für die jungen Wurzeln betrachten, etwa um die Verbindung zwischen den jungen Wurzeln und den Gefässbündeln des Internodiums herstellen zu helfen. Wäre diese Annahme zutreffend, so müsste die Stärke in den Gliedern angetroffen werden, welche keine Wurzeln gebildet haben, während sie in denjenigen, welche Wurzeln gebildet haben, fehlen oder stark vermindert sein müsste. Aber auch zu Gunsten dieser Annahme sprechen unsere Beobachtungen nicht, da die Stärke vielfach auch in den wurzelfreien Gliedern fehlte. Bis auf weiteres bleibt also nur übrig anzunehmen, dass die Stärke zur Wandverdickung der Sklerenchymfasern dient, und dass bei Saccharum das Dickenwachstum der Zellwand bis in ein hohes Alter erhalten bleibt.

Da das Zuckerrohr erst allmählich unter der Kultur der Menschen den wenigstens gewisse Varietäten auszeichnenden hohen Zuckergehalt erlangt hat, so dürften wir uns nicht wundern, wenn

wir Saccharum-Arten oder Varietäten von S. officinarum fänden, die, arm an Zucker, Stärkemehl als Reservestoff führen. Ohne diesem Punkte meine besondere Aufmerksamkeit geschenkt zu haben, konnte ich doch feststellen, dass bei Teboe Glonggong, was übrigens wohl bekannt sein dürfte, Stärke als Reservestoff auftritt. Die Zellen des Grundgewebes sind dicht mit Stärke erfüllt, sodass sie unzweifelhaft als Ersatz für Rohrzucker gebildet wird. Übrigens hat Wiesner bereits Spuren von Stärke im Grundgewebe des von ihm untersuchten Zuckerrohres gefunden (p. 256).

Aachen, Technische Hochschule, im April 1897.

Figurenerklärung.

Tafel IV.

Fig. 1. Teboe Cheribon. Epidermis von der Fläche. 84fach vergrössert.
„ 2. Teboe Cheribon. Epidermis im Querschnitt. 84fach vergrössert.
„ 3. Teboe Cheribon. Epidermis im Längsschnitt. 84fach vergrössert. Fig. 2 und 3 Phenolpräparate.
„ 4. Rohr aus Guiana. Längsschnitt durch ein Internodium. Epidermis und subepidermale Sklerenchymzone. 338fach vergrössert.
„ 5. Teboe Cheribon. Kieselzelle von der Fläche in Wasser.
„ 6. Kieselkörper von oben gesehen. 550fach vergrössert.
„ 7. Kieselkörper in schräger Stellung. Stark vergrössert.
„ 8. Stück der Kieselausfüllung eines Intercellularraumes. 180fach vergr.
„ 9. Rohr aus Guiana. Querschnitt aus dem zentralen Teil des untersten Internodiums. Typisches Gefässbündel. Vergrössert ca. 100fach.

Tafel V.

Fig. 10. Rohr aus Guiana. Unterstes Internodium. Querschnitt durch eine Randpartie. Gefässbündel ohne primäre Gefässe und Intercellulargang, mit zwei sekundären Gefässen. In der subepidermalen Sklerenchymzone ist die Wandverdickung nur angedeutet, in einigen Zellen ist sie ausgezeichnet, in anderen ist die Tüpfelung angedeutet. 305fach vergr.
„ 11. Rohr aus Guiana. Querschnitt durch ein Gefässbündel aus der Randpartie des mittleren Teiles des Internodiums. Gefässbündel ohne primäre Gefässe und Intercellulargang mit einem einzigen sekundären Gefäss. 219fach vergrössert.
„ 12. Teboe Cheribon. Querschnitt durch ein junges Internodium. 337fach vergrössert.
„ 13. Rohr aus Guiana. Epidermis eines Internodiums von der Fläche. 337fach vergrössert.
„ 14. Teboe Cheribon. Querschnitt durch ein altes Internodium. Subepidermale Sklerenchymzone, Assimilationsgewebe und Sklerenchymfasern. 337fach vergrössert.
„ 15. Rohr aus Guiana. Längsschnitt durch den untersten Knoten. ca. 4fach vergrössert.

Mit Ausnahme der Figuren 5 und 7 sind die Figuren alle mit Hilfe des Zeichenapparates entworfen.

Die Membranverdickungen der sogenannten Querzellen in der Fruchtwand des Roggens.

Von

A. Gregory.

Der anatomische Aufbau der Fruchthaut der Gramineen, speziell der Getreidearten bietet bekanntlich in seinen Einzelheiten Abweichungen, welche hinreichend charakteristisch sind, um bei der Unterscheidung unserer Getreidemehle als zuverlässige Merkmale herangezogen werden zu können. Die Fruchthaut der ausgereiften Frucht, aus der Fruchtknotenwand hervorgegangen, besteht aus Gewebeschichten, welche sich aus zusammengedrückten, zum Teil verholzten und inhaltsleeren Zellen aufbauen. Auf die äussere Epidermis aus tafelförmigen, längsgestreckten, zuweilen wellenförmig oder buchtig begrenzten Zellen folgt ein Gewebe aus langgestreckten, meist derbwandigen und grob getüpftelten Zellen, die sog. Mittelschicht. In vielen Fällen ist dieselbe im reifen Korne so zusammengedrückt und so stark geschwunden, dass sie sich nur mit Mühe durch Behandeln mit Kalilauge isolieren lässt. In manchen Fällen dagegen ist sie mächtig entwickelt und dann, wie beim Mais, aus dickwandigen Faserzellen zusammengesetzt. Weiterhin stösst man bei manchen Früchten (Weizen, Roggen, Gerste, Reis) auf eine meist einfache Schicht quergestreckter Zellen, die sog. Querzellschicht. Zuweilen (Weizen, Roggen, Reis) wird dieselbe auf ihrer Innenfläche von langen, zum Teil durch kurze Seitenäste mit einander verbundenen, farblosen Schlauchzellen gekreuzt, welche die Innenepidermis der Fruchtwand bilden. Womöglich noch mehr als die Fruchthaut ist die aus den umgewandelten Hüllen der Samenknospe hervorgegangene Samenhaut verändert und geschwunden. Auf dem Querschnitt erscheint sie in der Regel als eine gelbe oder rotbraune Linie. Häufig ist sie gar nicht mehr als besondere Ge-

webeschicht nachweisbar, in andern Fällen sind die einzelnen Zellschichten so stark zusammengedrückt, dass die Umrisse der einzelnen Zellen nur mit Mühe erkannt werden können. Unmittelbar auf die Samenhaut folgt zuweilen noch eine einfache Zellschicht aus ebenfalls zusammengedrückten, inhaltslosen Zellen mit farblosen, ziemlich stark quellbaren Membranen. Dieses Gewebe repräsentiert den Rest des Samenknospenkernes.

Im folgenden sei nun kurz auf eine bisher unbekannte Besonderheit der Elemente der Querzellschicht des Roggens hingewiesen, welche namentlich für denjenigen von Interesse sein dürfte, der sich mit der Untersuchung von Nahrungsmitteln zu befassen hat.

Bei fast allen Getreidearten, insbesondere beim Roggen und Weizen zeigen die Querzellen mehr oder minder hervortretende Unterschiede in ihrem Bau. Die Querzellen des Roggenkornes endigen abgerundet und schliessen daher in der Längsrichtung nur lückenhaft an einander an. An den abgerundeten Enden sind sie auffallend verdickt. Die Querzellen des Weizenkornes dagegen sind länger als die des Roggenkornes, die Wandungen derselben sind viel dicker, sehr stark getüpfelt, lückenlos mit einander verbunden, die kurzen Querwände sehr dünn.

Diese Unterschiede werden gegenwärtig ganz allgemein neben andern Merkmalen benutzt, wenn es sich darum handelt, Weizenmehl vom Roggenmehl zu unterscheiden, die Verfälschung von Roggenmehl durch Weizenmehl nachzuweisen. In den zahlreichen Leitfäden und ähnlichen Hilfsmitteln für die Ausführung derartiger Untersuchungen werden jene Verdickungen der Querwände der Querzellen bezw. deren Nichtvorhandensein geradezu als Hauptmerkmal bezeichnet.

Dies ist aber nur bedingt richtig. Gelegentlich einer Untersuchung von Roggenmehl fand ich nämlich, dass jene Querwandverdickungen nicht vorhanden waren. Das untersuchte Roggenmehl war, wie mir bekannt war, aus unreifen Körnern hergestellt worden. Durch eingehende Untersuchung unzweifelhaft unreifen Materiales stellte sich nun heraus, dass in den unreifen Früchten des Roggens entweder die Querwände der Querzellen noch unverdickt oder doch nur sehr wenig verdickt sind. Diese Verdickungen scheinen erst kurz vor der Reife zu entstehen, ich fand sie bei fast vollständig ausgereiften Körnern nicht. Es ist

dieser Umstand insofern von praktischem Wert, als dadurch ein Mittel an Hand gegeben wird, mit Sicherheit zu entscheiden, ob unreifer Roggen zur Vermahlung gekommen ist oder nicht: findet man in einem Roggenmehl zahlreiche Querzellen ohne Verdickung, oder mit nur sehr geringen, nur eben angedeuteten Verdickungen, so kann man mit absoluter Sicherheit sagen, dass das Mehl aus unreifem Roggen hergestellt worden ist. Durch die Verarbeitung unreifen Mahlgutes wird aber bekanntlich ein minderwertiges Mehl erhalten.

In der einschlägigen Litteratur finden sich nirgends Angaben über das vorstehend mitgeteilte Verhalten der Querwände der Querzellen, auch Schimper[1] erwähnt beispielsweise diesen Spezialfall in seinem weit verbreiteten Leitfaden nicht, bezw. er spricht überhaupt nur von reifen Körnern.

Der Botaniker von Fach wird freilich auch ohne jene charakteristischen Verdickungen das Roggenmehl als solches leicht erkennen. Schwerer fällt dies, wie die Erfahrung schon oft gelehrt hat, dem Nahrungsmittelchemiker, der sich häufig mit Mehluntersuchungen befassen und sich dabei in der Regel mehr oder minder blindlings auf seinen „Leitfaden" verlassen muss, weil ihm die in Betracht kommenden anatomischen Verhältnisse nicht so geläufig sind. Dieser Gesichtspunkt hat mich hauptsächlich zur Bekanntgabe der im vorstehenden mitgeteilten Beobachtung bestimmt.

Bei dieser Gelegenheit sei noch auf einen weiteren Umstand aufmerksam gemacht, welcher leicht zu Täuschungen Veranlassung geben kann. —

Zum Zwecke der Aufhellung der Präparate wird ganz allgemein Chloralhydratlösung benutzt, welche man zu diesem Zwecke in der Regel einige Stunden einwirken lässt. Schimper[2] giebt sogar an, dass man die Schnitte ohne Nachteil Tage lang der Einwirkung der Chloralhydratlösung aussetzen könne. Allein schon ein 24stündiges Behandeln mit Chloralhydrat genügt häufig, die Membranen der Roggenquerzellen derart zu verquellen, dass sie von den Querzellen des Weizens kaum noch unterschieden werden können. Hierzu kommt noch,

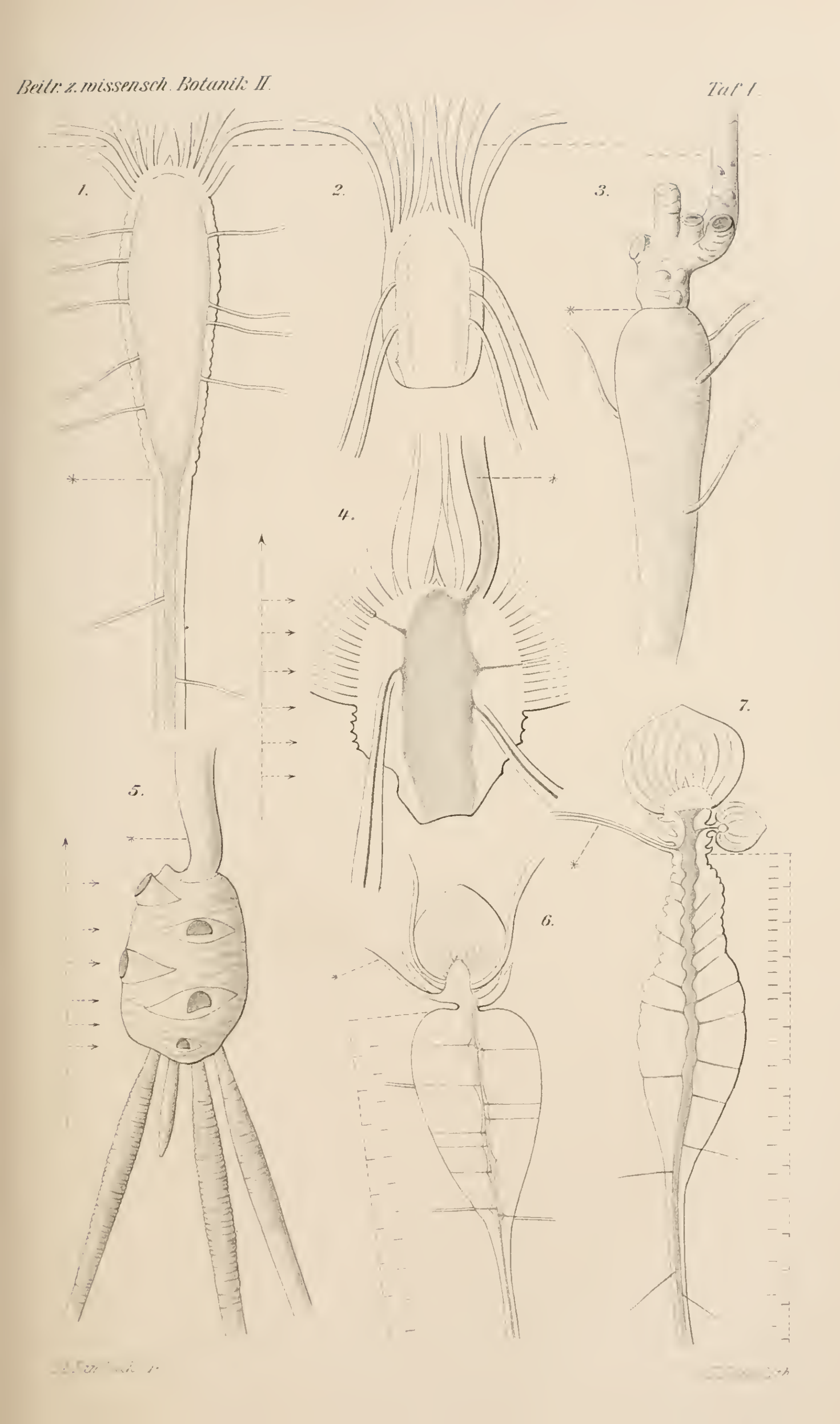
[1] Schimper, A. F. W., Anleitung zur mikroskopischen Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, Jena 1886.

[2] Schimper, l. c., p. 7.

dass Material verschiedener Provenienz verschiedenes Verhalten zeigt: in einzelnen Fällen treten die Quellungserscheinungen noch früher ein, in andern ist selbst nach mehrtägiger Behandlung noch keine nennenswerte Quellung vorhanden.

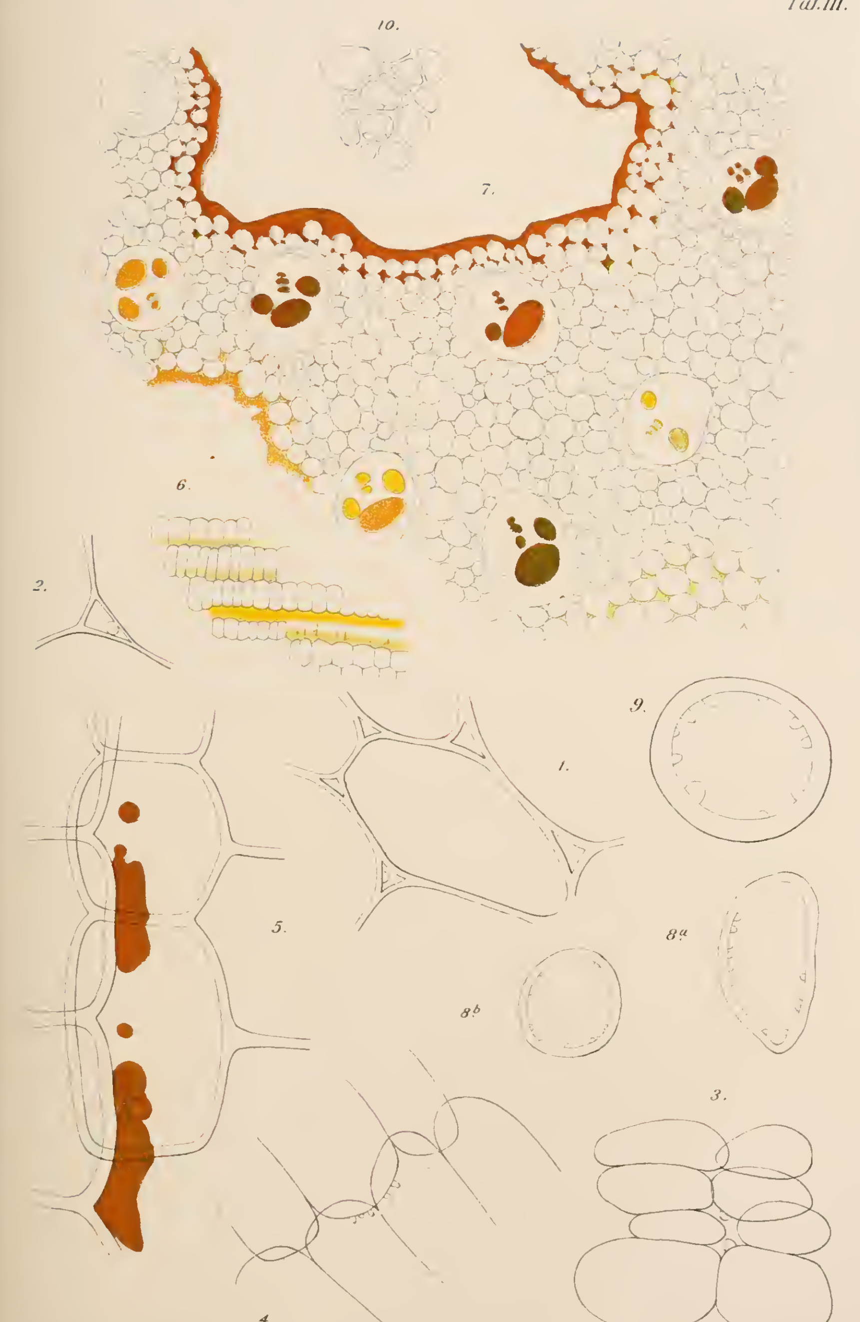
Vielleicht ist der Reifegrad der Früchte auf dies verschiedene Verhalten von Einfluss. Nach meinen Beobachtungen sind nämlich in unreifen Roggenfrüchten gerade die noch nicht verdickten Querwände leichter quellbar als die Längswände. — Jedenfalls ist die Anwendung von Chloralhydratlösung als Aufhellungsmittel in Fällen, wie in den in Rede stehenden, Vorsicht geboten, namentlich dann, wenn festgestellt werden soll, ob Mehl aus unreifem Roggen vorliegt. Über ein 2—3stündiges Behandeln mit Chloralhydrat sollte nicht hinausgegangen werden.

Stuttgart, kgl. Technische Hochschule.

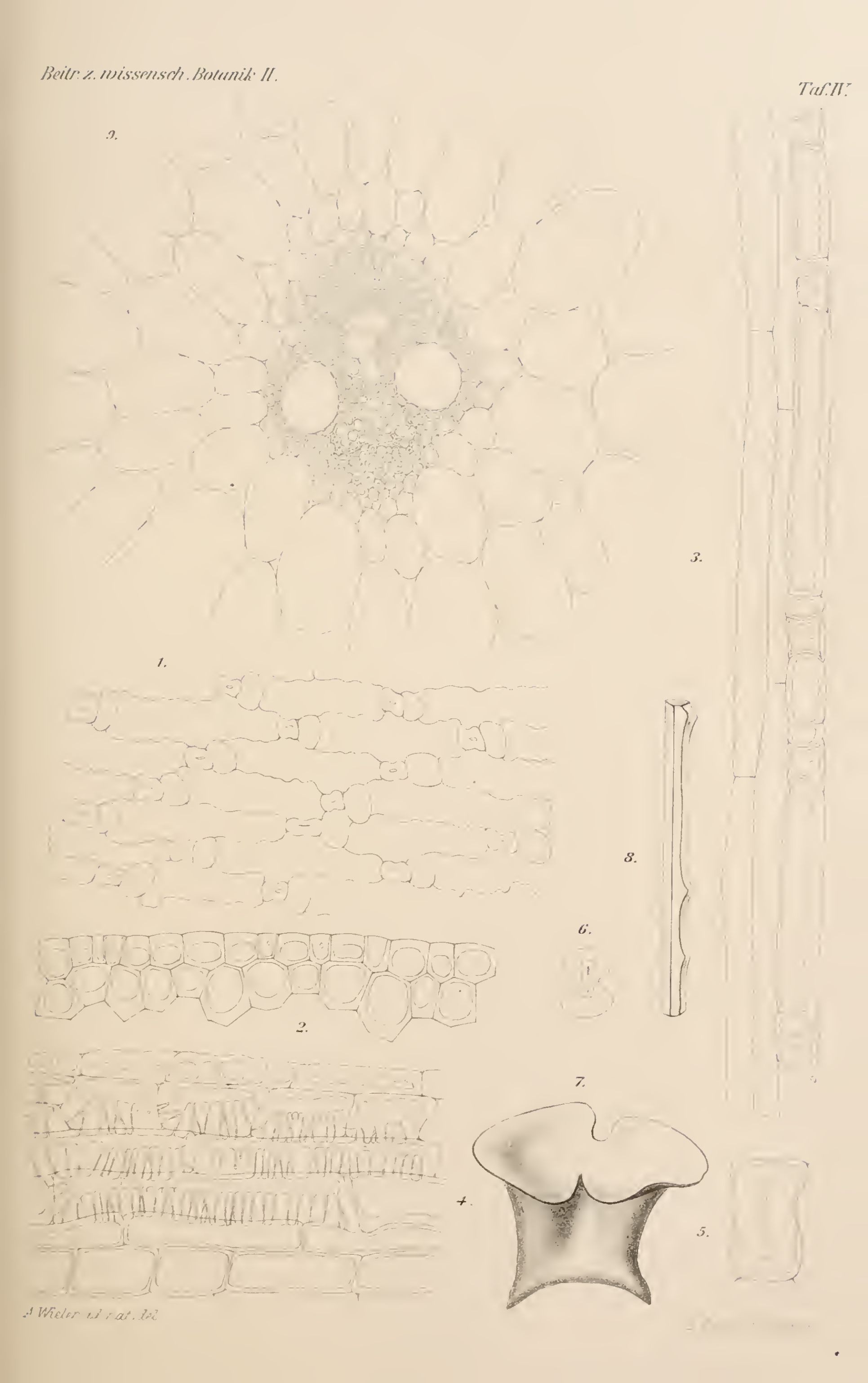

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.

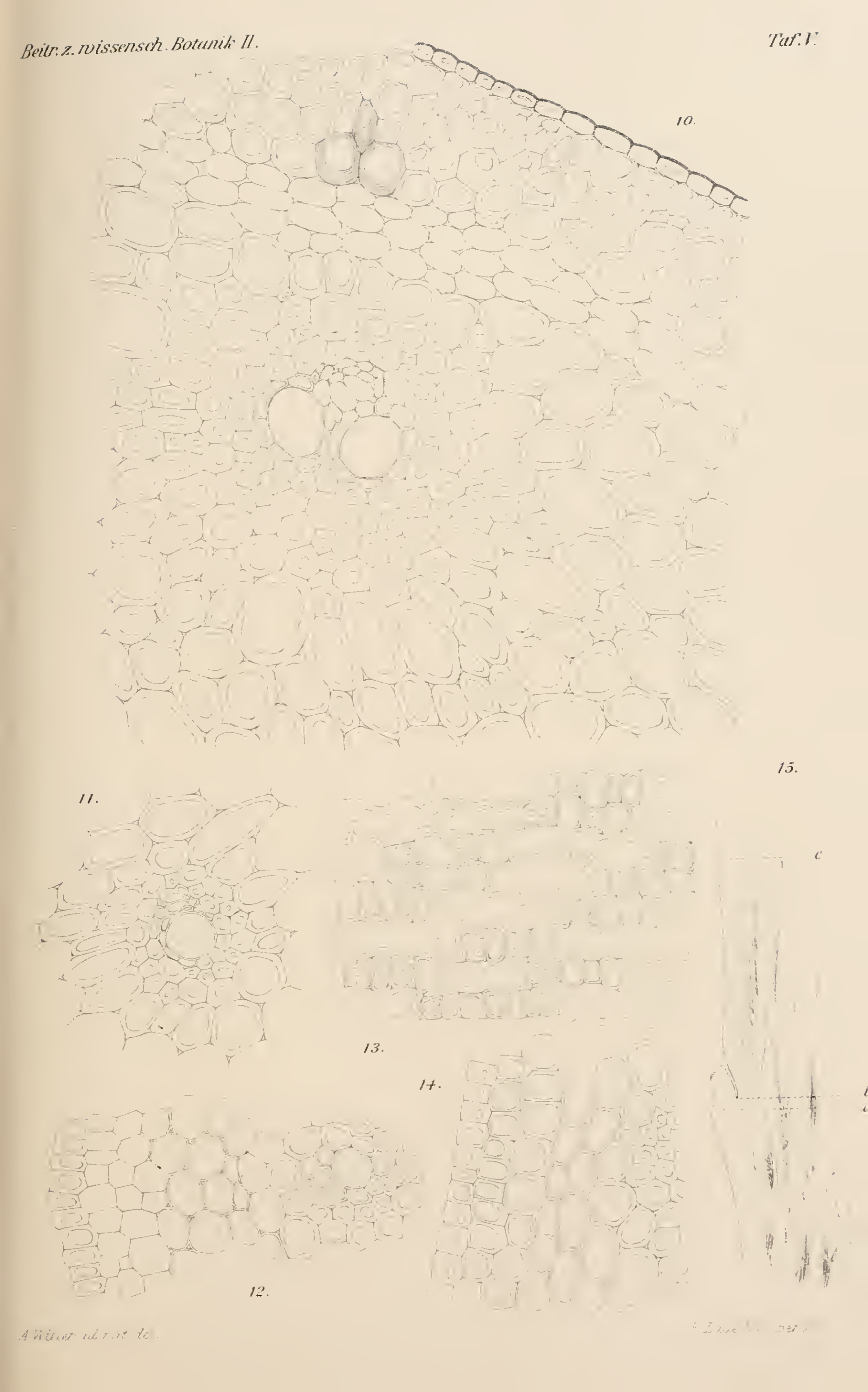
1.
3.
a
b
2.
a
b
c
d
cm
5.
4.
a
b
x
6.
7.
8.
b
a

A. Eimbach gez.



A. Wieler ad. nat. del.


9.
3.
1.
8.
6.
2.
7.
4.
5.
A. Wieler ad nat. del.


10.
11.
12.
13.
14.
15.
c

Beiträge

zur

Wissenschaftlichen Botanik.

HERAUSGEGEBEN

von

Prof. Dr. M. Fünfstück.

BAND II.

ABTEILUNG 2.

Mit 1 Doppeltafel und 35 Abbildungen im Text.

STUTTGART.
A. Zimmer's Verlag (Ernst Mohrmann).
1898.

INHALT.



Mitteilung an die Autoren. Das Honorar beträgt M. 20.— pro Druckbogen. Die Zahlung der Honorare erfolgt 4 Wochen nach Erscheinen. Für Dissertationen, Abhandlungen, denen mehr als 2 Tafeln beizugeben sind und für Publikationen, von denen mehr als 120 Separatabdrücke an den Autor geliefert werden, wird kein Honorar gewährt. Bei Dissertationen hat der Autor die Hälfte von den Kosten für Herstellung der Illustrationen zu tragen.

Dem Autor werden 20 Sonderabdrücke gratis zur Verfügung gestellt. Weiteren Bedarf, sofern solcher bei der ersten Korrektur bestellt wird, liefert die Verlagshandlung zum Selbstkostenpreis mit 10 Prozent Aufschlag für Besorgungsspesen. Preisfeststellung steht, sobald Schriftsatz und Lithographie der Tafeln fertig sind, auf Wunsch vor der Bestellung zu Diensten.

Manuskripte und Korrekturensendungen sind an den Herausgeber, Herrn Prof. Dr. M. Fünfstück in Stuttgart, Kernerstr. 29, geschäftliche Mitteilungen etc. an die unterzeichnete Verlagshandlung zu richten.

A. Zimmer's Verlag (Ernst Mohrmann)

Stuttgart, Alleenstrasse 32.

Druck von A. Bonz' Erben in Stuttgart.

Untersuchungen über Atmung und Energie in der Pflanze

von

N. J. C. Müller.

Alle lebenden Pflanzen scheiden im Dunkeln grössere oder kleinere Mengen Kohlensäure aus, welche sie aus ihrem plastischen Material unter Sauerstoffaufnahme bilden. Alle Pflanzen atmen — alle Organismen atmen. Vom Standpunkt der Molekularphysik zwingt diese Wesenheit zu der Vorstellung: In allen Pflanzen müssen Schwingungen der Molekeln herrschen, welche mit der Oxydation einer gewissen Anzahl von Kohlenstoffmolekeln abschliessen. Alle Pflanzen müssen atmen. In allen ausgewachsenen Pflanzenteilen ist das Mass der gesamten Schwingungsenergie aller Molekeln kleiner wie in wachsenden Organen. Es wird aber niemals gleich Null. Schwingungen der Temperatur herrschen, Molekularumlagerungen der Translokation werden vollführt. Eine stete Molekularbewegung ist gefordert als innere Arbeit, zur Vorbereitung der mächtigen Energieäusserung, wie sie in den plötzlich gesteigerten Zuwachserscheinungen in der Frühlingsverjüngung den Sinnen direkt zugänglich wird. Atmung und die Energie in der einen oder andern Form, der potentiellen oder der aktuellen Energie, müssen in direktem Zusammenhang stehen: Ohne Atmung keine Leistung der Energie in der einen oder andern Form.[1] Da der Vorrat ver-

[1] Nachdem die mechanische Theorie der Wärme siegreich in die Physiologie eingezogen ist, muss diese Betrachtung erlaubt sein: Ein höheres Tier besitzt in seinem Körper ein ausserordentlich verwickeltes Organsystem von relativ hoher Eigenwärme, welche stetig erzeugt und stetig verbraucht wird in zahllosen Vorgängen äusserer und innerer Arbeit. Vernichtet als Wärmebewegung wird der kleine Teil, welcher in der Form äusserer Arbeit zum Ausdruck kommt. Bezogen auf den Gesamtvorrat von Wärme im Organismus ist der Umsatz von Wärme in

brennlicher Masse im Pflanzenkörper nur reduzirt wird unter Aufwand der Energie des Sonnenstrahles, so stellt die Schwingung im Dunkeln, welche mit der Kohlensäurebildung abschliesst, in ganz sicherem Sinne eine Nachwirkung der Bestrahlung dar; das „Wie" der Übertragung und die Beziehung der Energiegrösse ist der Vorwurf zu den nachfolgenden Untersuchungen. Der Natur der Sache entsprechend zerfallen diese in zwei Gruppen: Vorgänge in absoluter Dunkelheit und Vorgänge im Licht.

A. Methoden der Messung und Rechnung.

In den nachfolgenden Untersuchungen wurden sechs Rezipienten von der Beschaffenheit der Figur 1 und drei weitere Rezipienten von der Beschaffenheit der Figur 2 angewandt. Das Volum jedes Rezipienten ist genau ausgemessen, die Logarithmen der Volumina in Tabellen festgelegt. Nachdem die Rezipienten die Temperatur des Versuchsraumes angenommen, werden die Pflanzenteile in Reagenscylindern eingesetzt, ein zweites kurzes Reagensrohr nimmt für jeden Rezipienten ein Stäbchen aus gebrannter, nicht glasirter Porzellanerde auf, welches mit 30 %iger Kalilauge gesättigt ist. Nach dieser Beschickung folgt ½ Stunde der Ruhe zur Abkühlung auf die Temperatur der Umgebung, sodann das Einsetzen der Glasstöpsel und der Quecksilberverschluss in der Rinne a (Fig. 1 u. 2). Aus den Ablesungen der Temperatur, des Barometerstandes und der positiven oder negativen Spiegeldifferenz am Manometer M (Fig. 1 u. 2) ergiebt sich die Rechnung für das auf 0° C. und 1000 mm Quecksilberdruck reduzirte Gasvolum. Die Rezipienten werden in Pappkästen und durch Überdecken mit schwarzen Tüchern verdunkelt. Nach gegebener, aus dem Barometerstand und der Spiegeldifferenz der Manometer zu bemessender Zeit, wird der Versuch abgeschlossen, mit den Ablesungen von Temperatur, Barometerstand und Spiegeldifferenz.

äussere Arbeit relativ gross, kann aber nur auf grossen Umwegen direkt bestimmt werden. Bei Pflanzen ist der Vorrat der Eigenwärme, wie er in der Temperaturerhöhung über die Temperatur des Mediums zum Ausdruck kommt, ausserordentlich klein. Die Arbeit ist gegenüber dieser Eigenwärme ausserordentlich gross. Die innere Arbeit, Umsatz der Reservemolekel in feste Zuwachsmasse, ist sehr gross gegenüber derselben Eigenwärme. Die Atmungsgrösse kann direkter bestimmt werden wie beim Tier.

Das nach bekannter Formel berechnete Endvolum vom Anfangsvolum abgezogen, ergiebt das Kohlensäurevolum, welches in der Versuchszeit durch Atmung der Pflanzenteile produzirt wurde.

Vor der Entleerung der Rezipienten werden die Hähne bei b (Fig. 1 u. 2) geschlossen, die Quecksilbermassen aus den Rinnen abgegossen, die Glasstöpsel ausgehoben. Das Versuchsmaterial wird in bereitliegenden Tüten geborgen. Der Versuch schliesst ab mit der Bestimmung des Frisch- und Trockengewichtes der Pflanzenteile und mit der Berechnung des Kohlensäurevolums pro 1 Gramm des Trockengewichtes der untersuchten Substanz und 100 Stunden der Versuchsdauer. Diese letztere Massnahme empfiehlt sich deshalb, um in zahlreichen Differenzversuchen (womöglich) alle Zahlen vor dem Komma ablesen zu können, weil die Dezimalen einen raschen Überblick der Vergleichung nicht so gut erlauben.

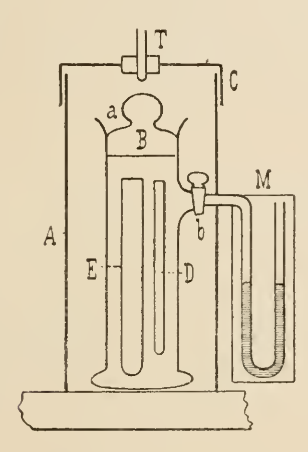


Fig. 1.

A die cylindrische Heizkammer aus Zinkblech mit dem Deckel C, in welchem das Thermometer T eingesetzt ist, darin der Glasrezipient mit dem Tubulus B, dem Manometer M. E der Behälter für die Pflanzenteile, D das Glasrohr, welches das Porzellanstäbchen mit Kalilauge aufnimmt. Sechs solcher Rezipienten sind im Betrieb: R_1 cm³ 95, lg V = 1,9777, R_2 cm³ 101, lg V = 2,0043, R_3 cm³ 104, lg V = 2,0170, R_4 cm³ 120, lg V = 2,0799, R_5 cm³ 99, lg V = 1,9956, R_6 cm³ 109, lg V = 2,0374.

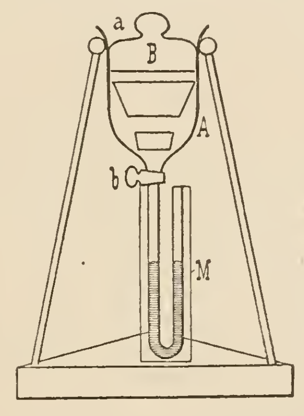


Fig. 2.

Ähnlicher Glasrezipient mit dem Manometer M., in dem Raum A ein Schälchen für die Pflanzenteile und ein solches für die mit Kalilauge getränkten Stäbchen von Porzellanerde. Drei solcher Rezipienten sind im Betrieb:

R_I cm³ 67, lg V = 1,8261, R_{II} cm³ 64, lg V = 1,8069, R_{III} cm³ 66, lg V = 1,8195.

1. Definition. Die Atmungsgrösse A (der Tabellen) einer Pflanzensubstanz ist somit bemessen in dem auf 1000 mm Quecksilberdruck und 0° C. reduzirten Volum Kohlensäure, welches von 1 Gramm der Substanz (im Trockengewicht) in 100 Stunden gebildet wird, in einem Rezipienten, welcher zu Beginn des Versuchs reine atmosphärische Luft enthielt. Die Atmungsgrösse ist abhängig von der Rassenenergie der Pflanzenart, von der Phase der Entwickelung, als inneren, vitalen Momenten, von der Temperatur und dem Lichte als äusseren Faktoren des Betriebes der vegetativen Prozesse. In den nachfolgenden Tabellen ist das Kohlensäurevolum für 1 Gramm des Trockengewichts der angewandten Substanz ausgeworfen. Für viele solcher Volumina ist die Relation des Frisch- zu dem Trockengewichte in dem Koeffizienten $\frac{F}{T}$ angegeben, so dass also alle Daten tabellarisch ausgeworfen sind, um sagen zu können: der Pflanzenteil a der Pflanze A hat die spezifische Eigenschaft, auf ein Gewichtsteil trockener Masse m Gewichtsteile Wasser in die gegebene Form zu bringen und in dieser n Volumteile Kohlensäure in 100 Stunden zu bilden. Zu untersuchen ist, wie sich diese Relation bei verschiedenen Pflanzen von den niederen nach den höheren gestaltet, und wie die Energie sich auf dieselbe beziehen lässt.

2. Definition. Schwieriger liegt die Sache in Bezug auf die Energie. Die Bewegung wachsender Pflanzen ist klein, so dass die lebendige Kraft für begrenzte Zeiten der Beobachtung von wenigen Stunden, Tagen, verschwindende Werte ergeben würde. Auch die positive und negative äussere Arbeit ergiebt für begrenzte Zeit verschwindende Werte. — Gleichwohl kann definirt werden als Paradigma: Eine Baumknospe befindet sich im Winter im Zustand der potentiellen, vom Beginn der Streckung der Interfolien, im Mai, bis zur Vollendung dieses Vorganges, im Zustand der aktuellen Energie. Will man von dieser mechanischen Definition Abstand nehmen, so lautet die

3. Definition: Die Atmungsgrösse eines Organes (Blatt) oder eines Organkomplexes (Knospe) ist in absoluter Dunkelheit abhängig von der Temperatur, dem Druck und Partialdruck der Gase und von der Phase, in welcher das Organ sich befindet.

Zur Kritik der Methoden und der Rechnung möge hier betont sein, dass nur aus zahlreichen gasometrischen Aufnahmen erst ein Überblick über die Wesenheit der Atmung gewonnen werden konnte. Mit der Methode der Absorptionsröhren (s. Bunsen, Gasometrische Methoden, Braunschweig 1857) würde hier nicht durchzukommen sein. Es waren für eine Vegetationsperiode (Februar bis November) erforderlich gegen 880 Kohlensäureabsorptionen (ebensoviele Bestimmungen des Frisch- und Trockengewichtes). Derartigen Anforderungen konnte nur genügt werden mit Apparaten, welche die zeitraubende Quecksilberfüllung beseitigen. In unserem Apparat bleibt das Volum konstant, der negative Gasdruck ergiebt die Basis der Rechnung nach der Formel:

$$V_r = V \frac{P}{1 + \alpha t}$$

worin V_r das auf 1 Meter Quecksilberdruck und 0° C reduzirte Gasvolum, V das Volum des Rezipienten in cm^3, P den Druck, α den Ausdehnungskoeffizient der Gase und t die Temperatur bedeuten. Die Barometerablesungen waren auf $^1/_2$ mm, die Temperatur auf $^1/_2$ — $^1/_{10}$° C genau. Für diese und die numerischen Rechnungen der Atmungsgrösse A nach

$$\lg A = \lg c - (\lg Z + \lg Tr) \cdot 100$$

worin c die Kohlensäuremenge in cm^3, Z die Zeit in Stunden, Tr das Trockengewicht der ursprünglich frischen Substanz bedeuten, wurden 4stellige Logarithmen (Logarithmen und Antilogarithmen, 2. unveränderte Auflage, Heidelberg 1891) angewandt. Die Revision aller Rechnungen wurde von dem Assistenten an dem Botanischen Institut der Königlichen Forstakademie in Münden, Herrn Forstassessor Ewers ausgeführt. Die Bunsensche Tabelle für die Werte von $1 + \alpha t$ geht in $^1/_{10}$° C nur bis 40° C. In den nachfolgenden Untersuchungen über das Verhalten der Pflanzen bis zur Abtötung bei 55° C., wurden die Werte von $1 + \alpha t$ berechnet. Da in der Pflanzenphysiologie diese Werte eine dauernde Bedeutung haben, so lege ich sie hier im Anhang im Druck nieder.

Als Beispiele für die Bedeutung des Phasenwechsels der Organe mögen hier zwei Versuchreihen an einer und derselben Pflanzenart, die Kartoffel, an die Spitze gestellt werden.

Serie 1.

Kartoffel mit etiolirten Trieben. 25. Mai. Versuchsdauer 3,25 Stunden. T. 16—17° C.

		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 pr. gr. A
R I	die etiolirten Triebe . . .	6,70	0,82	8,172	129,1
„ II	die Knolle	9,35	2,6	3,596	3,196

R 1. An dem Organkomplex „austreibende Kartoffelknolle im Mai“ zeigt der etiolirte Trieb die vierzigfache Atmungsgrösse der für die Ernährung in Mitleidenschaft gezogenen Knolle.

Dasselbe Objekt, am 14. Juni aus dem Acker gehoben, ergiebt nach der Zerlegung in die drei Hauptorgane:

Serie 2.

Solanum tuberosum. 14. Juni. Dauer 2 Stunden. T. 20—21° C.

		F	T	$\frac{F}{T}$	A
R I	die jungen Knollen 2—12 mm gross	5,90	0,8	6,247	131,2
„ II	Rhizom und Wurzeln . . .	3,90	0,5	7,800	100,0
„ III	Laub	2,70	0,4	6,570	155,0

R 2. Die jungen 2—12 mm grossen Knollen, mit grosser potentieller Wachstumsenergie, bezogen auf die ausgewachsene Mutterknolle, zeigen über das Vierzigfache der Atmungsgrösse der Mutterknolle, überwiegen Rhizom und Wurzeln. Nur das junge Laub zeigt einen höheren Wert der Atmungsgrösse.

Bei der Auswertung von A, bezogen auf T, das Trockengewicht, kommen bei einigen Objekten Widersprüche zu Tage, welche in der Natur solcher Objekte begründet sind.

4. Definition. Ein gegebenes Aussaatobjekt, Same der Kresse, Frucht der Birke u. s. f. die kleinen Sämereien, ist so beschaffen, dass die Embryonen mit allen ihren Organen: Kotyledonen, Keimaxe, Keimwurzel, rasch in die aktuelle Wachstumsenergie eintreten, und dass die Organe ein höheres Gesamtgewicht aufweisen gegen-

über den nicht oder nur schwach atmenden Hüllen (Integumenten, Fruchtschalen). Bei der Auswertung von T und A kommt ein hoher Wert von A zu Tage gegenüber keimenden Samen, in welchen die Kotyledonen, bei grossem Gewicht, in der ersten Keimphase sich nur wenig an der aktuellen Energie und Atmung beteiligen (Eichel):

Serie 3.

Als Beispiele für die Bedeutung des Gewichtes in der Rechnung.
Versuche: Ende Februar bis Mitte März.

Dauer St. M.	T ° C.	Fr G	T G	CO_2		R	Tg : Fg	A
4 30	15-17		0,6	4,18	Lepidium sativum, keimende Kresse; Länge der Pflänzchen 3—10 mm.	1		154,80
9 20	15-16	7,00	2,95	1,07	Keimende Eicheln; 3 St.; aus der Schale nur die Wurzel 12 mm.	II	2,373	3,888
9 30	15-16	0,60	0,20	0,85	Spitzahorn; 2 St.; wie vorher.	III	3,000	44,74
21 50	15-16	1,05	0,29	2,78	Fichte: 30 St.; Keimling 24 mm.	2	3,621	43,90
31 —	15-16	0,36	0,03	0,27	Birke; 60 St.; Keimling 15—20 mm.	1	12,28	29,03
20 30	14-17	0,55	0,23	1,96	Kiefer; 30 St.; Keimling 8 mm.	2	2,391	41,58
20 20	14-17	1,45	0,65	3,94	Tanne; Wurzeln und Keimstengel.	4	2,230	29,82
11 15	14-16	1,05	0,45	1,15	Fichte; soeben ankeimende Wurzel 1—2 mm.	III	2,333	22,72
32 35	14-18	1,40	0,70	0,99	Tanne; soeben ankeimende Wurzel; 14 St.; Wurzel 3—15 mm.	3	2,000	4,351

R 3. Die ausserordentlich verschiedenen Werte für A von 3,888 cm^3 bei der Eichel, 4,351 cm^3 bei der Tanne gegenüber Werten wie 22,72, 44,74, 154,80 bei Fichte, Spitzahorn, Kresse, sind begründet in dem Gewichts- beziehentlich Massenverhältnis der Organe, welche nicht oder nur schwach atmen, gegenüber den Organen, welche eine hohe Wachstumsenergie, bei kleiner Masse, aufweisen.

5. Definition. Man könnte bei vergleichenden Untersuchungen die Zahl der Individuen an Stelle des Trocken- oder Frischgewichtes zu Grunde legen, z. B. die Atmungsgrösse vergleichen einer Kiefernadel mit einem Blatt der Paulownia. Das Missverhältnis der Angabe für A würde kein Bild der Energie ergeben. Bis auf wenige Fälle bewährt sich die Trockengewichtsbestimmung. Die Serie 4 veranschaulicht einen solchen Grenzfall:

Serie 4.

Aesculus hippocastanum. Vorzeitig vergilbte und normalgrüne Blätter.
7. Juli. T. 18°. 2 Stunden 50 Minuten.

		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	vergilbte Blätter	3,1	0,65	4,719	62,52
II	normalgrüne Blätter . . .	3,1	0,92	3,370	46,09

Die Berechnung desselben Versuchs für das Frischgewächs ergiebt:

I	vergilbte Blätter				14,24
II	normalgrüne Blätter . . .				13,68

R 4. Die normalgrünen Blätter der Rosskastanie zeigen gegenüber den frühzeitig im Juli vergilbenden Blättern einen höheren Wert von A, da der Koeffizient $\frac{F}{T}$ für die vergilbten höher ist, so muss A für dieselben höher erscheinen bei Anwendung des Trockengewichtes. Die Atmungsgrösse der grünen Blätter ist das 1,356fache der vergilbten bei Zugrundelegung von T; sie ist das 1,041fache der vergilbten bei Zugrundelegung von F.

Derartige in der Natur der Differenzen begründete Missverhältnisse kommen namentlich bei Hypertrophieen pathologischer Objekte, Pilz- und Insektenwirkungen zum Ausdruck (s. unten).

B. Versuche in absoluter Dunkelheit.[1]

1. Atmung als Temperaturfunktion.

Offenbar müssen in einem Vorgang wie die Keimung alle Molekeln des Embryo Schwingungen unterliegen, welche durch Temperaturzuwachs in ihrer Amplitude vergrössert werden und welche bei höherer Temperatur rascher erfolgen. Dies ist das innere Moment. Andererseits müssen, wiewohl in den Rezipienten weniger Gasmolekeln befindlich sind, bei höherer Temperatur als bei niederer doch mehr Molekelanstösse an das Keimobjekt bei höherer Temperatur erfolgen.

Methode. — Die Rezipienten werden in der oben beschriebenen Weise mit Aussaaten gleicher Aufzucht beschickt und in Orten verschiedener Temperatur, freier Luft, ungeheiztem Zimmer, geheiztem Zimmer, Thermostaten, geschlossen. Bei jedem Rezipient steht ein Thermometer, an welchem die etwaigen geringen Temperaturschwankungen von 10 zu 10 Minuten abgelesen werden. Aus solchen Ablesungen berechnen sich die Temperatursummen in Minutengraden Celsius.

Serie 5.

Weizensaat bei verschiedenen Temperaturen. Dauer 6 Stunden 45 Minuten.

Temp. ° C.	Fr G	Tr G	R	Stückzahl	Temperatur in ° C Minuten	FrG:TG	CO_2 cm³	A
6	2,40	1,07	2	30	2 430	2,295	0,25	2,749
12	2,20	1,11	3	30	4 860	2,000	0,71	9,095
14,5	3,60	1,92	4	50	5 872,5	2,360	1,57	12,27
25	2,25	1,05	6	30	10 125	2,143	1,28	16,65

R 5. Innerhalb der Temperaturgrenzen von 6° und 25° ist für die Weizensaat ein absolutes Maximum von A nicht erweislich. Die Gartenkresse ist das dankbarste Objekt für unsere Versuche. Reservebehälter kommen hier nicht in Betracht, die Keimung ist gleichmässig, der Verlust im Keimprozent verschwindend. Porzellan-

[1] Die Rezipienten stehen im dunkeln Versuchsraum frei oder in Wärmereservoiren, in beiden Fällen mit 5—6 Lagen schwarzen Shirtings bedeckt.

stäbchen, mit Wasser getränkt und benetzt, von der Länge der Rezipienten, nehmen die in Streifen auf eine elastische Papierunterlage gestreuten Samen rasch an und bilden in befeuchtete Reagenscylinder gestellt das Keimbett:

Serie 6.

Kressensaat bei verschiedenen Temperaturen.

Temp. ° C.	Dauer St. M.	Tr G	R	Temperatursumme = Celsiusgrad Minuten	A
10,5	6 —	0,054	1	3 780	58,64
12—16	6 —	0,14	2	4 860	63,10
14—18	6 —	0,21	3	5 740	539,60
36—40	5 30	0,14	6	10 990	224,70

R 6. Bei der keimenden Kresse kommt bei 18° der ausserordentliche absolute Maximalwert von 539 cm^3 zum Ausdruck.

2. Absolute Maximalwerte der Atmungsgrösse

bei Temperaturen bis 38° C.

Methode der Erwärmung. — In einem geräumigen Holzkübel werden die mit den Pflanzensubstanzen beschickten Rezipienten 12 Stunden lang in Wasser von gewöhnlicher Temperatur vorgewärmt. Sodann erfolgt die erste Ablesung der Temperatur, des Barometers und der Rezipientenmanometer. Es folgt die Versuchsdauer, die zweite Ablesung und hieraus die Rechnung. Sodann wird angewärmtes Wasser zugemischt. Nach zwei Stunden, während welcher die Glashähne der Rezipienten ausgehoben waren, erfolgt die erste Ablesung, die Versuchsdauer, die zweite Ablesung des zweiten Versuches und die Rechnung u. s. f. In den nachfolgenden Tabellen ist Anfangs- und Endtemperatur F, T, $\frac{F}{T}$ und A ausgeworfen.

6. Definition. — Tote Blätter der Buche aus dem vorigen Jahr unterliegen im nassen Zustand der Verwesung und scheiden dabei Kohlensäure aus. Die Verwesung ist jedenfalls Folge der vegetativen Thätigkeit von Verwesungserregern aus der Gruppe der Pilze. Die lebenden Buchenblätter atmen und scheiden Kohlensäure aus. Wie verhalten sich die Atmungsgrössen der beiden?

Serie 7.

Buchenstreu, nass. F = 160,0, T = 3,20, $\frac{F}{T}$ = 5,00.

Temp. ° C.	CO_2 cm^3	A	Temp. Mittel ° C.
17,8—18	0,13	2,571	17,63
22,1—23,1	0,29	6,877	22,33
25,6—26,5	0,42	11,32	25,88
30,5—33,2	0,53	9,979	31,51

R 7. — Der gefundene Maximalwert von A liegt für das tote verwesende Blatt bei 25° C mit 11,32 cm^3.

Serie 8.

Lebende Buchenblätter im Juli. F = 3,90, T = 1,60, $\frac{F}{T}$ = 2,244.

Temp. ° C.	CO_2 cm^3	A	Temp. Mittel ° C.
17,8—18	0,18	11,87	17,63
22,1—23,1	0,85	23,44	22,33
25,6—26,5	0,84	45,25	25,88
30,5—33,2	1,86	70,03	31,51

R 8. — Die lebenden Buchenblätter ergeben den Maximalwert für A bei 31° C mit 70 cm^3, die Versuchsreihe entscheidet nicht, ob dieser Wert der absolute Maximalwert ist.

Serie 9.

Picea excelsa, laufendjährige Nadeln. F = 12, T = 4,5, $\frac{F}{T}$ 2,667.

Temp. ° C.	CO_2 cm^3	A	Temp. Mittel ° C.
12,5—13	0,26	2,889	12,9
17,8—18	0,44	6,189	17,63
22,1—23,1	1,11	12,33	22,33
25,6—26,5	0,93	17,81	25,88
28,9—30	1,18	22,60	29,41
30,5—33,2	2,46	32,94	31,51

R 9. — Bei derselben Temperatur 31° C zeigen die Fichtennadeln den Wert 32,94 cm^3; wie vorher ergiebt die Reihe nicht, ob hier das absolute Maximum erreicht ist.

Serie 10.

Nerium Oleander, Laubblätter. F 10,10, T 2,60, $\frac{F}{T}$ 3,885.

Temp. ° C.	CO_2 cm³	A	Temp. Mittel ° C.
12,5—13	0,05	0,9616	12,9
17,8—18	0,15	3,651	17,63
22,1—23,1	0,46	8,847	22,33
25,6—26,5	0,23	7,625	25,88
28,9—30	0,69	22,61	29,41
30,5—33	1,54	35,68	31,51

R 10. — Bei der höchsten Temperatur 31,51° C, das Maximum wie vorher mit 35,68 cm³.

Serie 11.

Fraxinus excelsior, Zweige in voller Kambialthätigkeit ohne Blätter. F 17,70, T 4,80, $\frac{F}{T}$ 3,688.

Temp. ° C.	CO_2 cm³	A	Temp. Mittel ° C.
12,5—13	1,83	19,06	12,9
17,8—18	2,90	38,23	17,63
25,6—26	2,26	40,59	25,88
28,9—30	1,75	31,45	29,41
30,5—33,2	1,19	14,94	31,51

R 11. — Das absolute Maximum liegt bei 25,88° mit 40,59 cm³. Bei 31° C. werden noch 14,94 cm³ produzirt.

Serie 12.

Keimende Erbsen, Pisum sativum. F 12,9, T 5,40, $\frac{F}{T}$ 2,389.

Temp. ° C.	CO_2 cm³	A	Temp. Mittel ° C.
12,5—13	1,55	11,30	12,9
22,1—23	2,10	19,45	22,33
25,6—26.5	1,28	20,43	25,88
28,9—30	1,42	22,67	29,41
30,5—33,2	1,32	14,72	31,51

R 12. — Auch hier ist das absolute Maximum erzielt bei 29,41° C mit 22,67 cm³.

Serie 13.

Versuch II; 25. Juli.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	M 18,65° C. CO_2 cm³	A	M 25,65° C. CO_2 cm³	A	M 28,85° C. CO_2 cm³	A	M 34,90° C. CO_2 cm³	A	M 38,65° C. CO_2 cm³	A	M 17,6° C. CO_2 cm³	A
1	Zea Mays, Blätter. .	9,70	1,60	6,063	0,39	24,38	1,19	74,37	1,18	73,75	1,22	76,26	1,97	123,1	0,80	37,58
2	Castanea vesca, Blätter	10,40	3,20	3,250	1,36	42,50	0,97	30,32	1,72	53,75	2,20	68,76	2,72	85,02	2,28	53,57
3	Vitis vinifera, „	8,40	2,20	3,819	0,03	1,363	1,12	50,91	1,48	67,28	1,81	82,28	3,19	145,0	1,57	53,65
4	Ampelopsis, junge beblätterte Zweige. .	11,20	1,25	8,960	1,40	112,0	2,40	192,0	2,40	207,2	1,99	159,20	0,90	71,99	2,82	109,5
5	Cucurbita, Blätter. .	10,50	1,24	8,468	0,68	54,84	1,42	114,5	2,13	171,8	2,33	187,90	3,14	253,2	1,21	73,36
6	Quercus pedunculata, Blätter.	7,60	2,45	3,101	0,43	17,55	1,17	47,75	2,45	100,0	2,40	97,95	0,44	17,96	2,15	65,97

R 13. Bei allen Versuchsobjekten zeigt sich am Schluss, bei dem Übergang von der Maximaltemperatur 38,65° C nach der niederen Lufttemperatur von 17° C die Atmung nicht sistirt.

Die Versuchsreihe ergiebt absolute Maxima für

Quercus pedunculata, Blätter . . bei 28° C mit 100 cm³ für A

Ampelopsis quinquefolia, Zweige . bei 28° C mit 192 cm³ „ „

Bei allen anderen ergeben die Maximalwerte nicht absolute Maximalwerte. Der höchste Wert liegt somit bei 38,65° C für den Kürbis 253 cm³ für A, Rebe 145, Mais 123, Kastanie 85 cm³.

Die Nachwirkung des Genusses hoher Temperatur in der Temperatur des Schlusses äussert sich in den höheren Werten gegenüber der Anfangstemperatur.

Den wissenschaftlich grössten Wert darf die Ampelopsisreihe beanspruchen, weil hier in den jungen Trieben die grössere potentielle Energie herrscht (vgl. die nächste Serie.)

3 Atmung

bei Temperaturen von 40 bis 50° C und Tod.

Methode der Anwärmung. Die sechs Rezipienten wurden mit sechs verschiedenen Pflanzenarten beschickt und in Blechbehältern[1] in warmer Luft von 40° während 12 Stunden vorgewärmt. Sie wurden mit den Pflanzen und dem Absorptionsmittel beschickt, vormittags um 7 Uhr. Um 8 Uhr 15 Minuten erfolgte die erste Ablesung, eine Stunde später die zweite Ablesung. Von 9 Uhr 15 Minuten bis 10 Uhr wurde die Temperatur auf 42—50° C gesteigert, um 10 Uhr erfolgte die dritte Ablesung der Drucke. Die Rezipienten blieben bei den Schlusstemperaturen bis 1 Uhr nachmittags geöffnet, so dass von neuem Atmosphäre eintreten und angewärmt werden konnte. Um 1 Uhr erfolgte die vierte, um 2 Uhr 40 Minuten die fünfte Ablesung. Aus diesen fünf Ablesungen berechnen sich drei reduzirte Gasvolume, für gebildete und absorbirte Kohlensäure und hieraus die Atmungsgrössen. Hienach blieben die Rezipienten dem Erkalten überlassen bis 5 Uhr 30 Minuten, es erfolgte die Neufüllung mit Atmosphäre, die erste Ablesung, und nach 13 Stunden, für welche die gewöhnliche Temperatur von 19,5–20° C herrschte, die Schlussablesung.

---

[1] Hier handelt es sich um obere Temperaturen 20°—40°—50° C. Da ein mehrkammeriger Thermostat mit der Selbstregulirung, welche ein einkammeriger zulässt, nicht existirt, wurde zu dieser nicht selbst regulirbaren Vorrichtung gegriffen: Zu jedem der Gasrezipienten gehört eine Deckelkammer aus Zinkblech (Fig. 1), in welche der Rezipient eingesetzt wird. Ein Schlitz an der Seite der Zinkblechkammer erlaubt, dass das Manometer nach aussen freibleibt und abgelesen werden kann. Der Deckel trägt in einem Tubulus das Thermometer. Über dem Bunsenbrenner ruht auf einem Dreifuss eine kreisförmige Metallplatte (Fig. 3) mit sechs Strahlen, welche in gleiche Flächenteile geritzt sind; auf jeden der Plattenstrahlen wird ein Rezipient gestellt. Steigert man für jeden die Entfernung von der zentralen Heizfläche, so erhält man mehr oder weniger gradweise sinkende Temperaturen, welche zur Berechnung der Minuten-Celsiusgrade in Tabellen festgelegt werden.

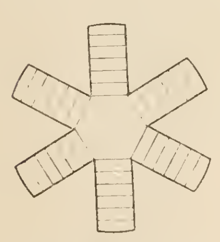


Fig. 3. Metallheizplatte für die Rezipienten der Fig. 1. 1/20 nat. Grösse.

Serie 14.

Ampelopsis quinquefolia (Rez. 5), die jungen beblätterten Stämme. Sie sind unter den sechs Objekten das einzige, welches noch potenzielle Zuwachsenergie für die Längsstreckung aufweist. F 9,3. T 1,15, $\frac{F}{T}$ 8,087.

	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. ° C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	3 225	43	
2. „	60	2 610	44,5	289,6
3. „	45	1 867	43	278,3
4. „	180	7 470	43	
5. „	100	4 350	45	44,13
Schluss . .	780	15 366	20	6,55

R 14. — Das absolute Maximum von A ist 289 cm^3 bei 44,5° C Das Zurückgehen auf 44 und bei gewöhnlicher Temperatur am Schluss auf 6,55 deutet den Tod an.

Serie 15.

Solanum tuberosum, das Laub. F 10,20, T 1,3, $\frac{F}{T}$ 7,668.

R_1 Kartoffel	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	3 037,5	42	
2. „	60	2 682	51	198,5
3. „	45	2 340	52	0
4. „	180	9 450	52	
5. „	100	5 370	55	26,31
Schluss . .	780	15 366	20	4,616

R 15. — Das absolute Maximum bei 51° C mit 198,5, das plötzliche Sinken von A bei 52° und der geringe Wert am Schluss von 4,616 cm^3 deuten den Tod an.

Serie 16.

Vitis vinifera, das Laub. F 10_2, T $2_{,2}$, $\frac{F}{T}$ $4_{,531}$.

3 Vitis vinifera	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	3 112	43	0
2. „	60	2 586	44	0
3. „	45	2 079	47	87,24
4. „	180	8 130	48	
5. „	100	4 640	46	10,93
Schluss . .	780	15 366	20	0

R 16. — Das Reblaub zeigt bei 47° C. das absolute Maximum mit 87,24 cm³ für A. Der Wert in der Schlussablesung bedeutet den Tod.

Serie 17.

Castanea vesca, das Laub: F $12_{,3}$, T $3_{,5}$, $\frac{F}{T}$ $3_{,572}$.

2 Kastanien	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. ° C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	3060	43	
2. „	60	2688	48	58,86
3. „	45	2182	49	16,64
4. „	180	8640	49	
5. „	100	4820	49	29,32
Schluss . .	780	15366	20	3,033

R 17. — Der absolute Maximalwert für A ist 58,86 cm³ bei 48° C, der geringe Schlusswert deutet die Abtötung an.

Serie 18.

Betula alba, das Laub: F 10,2, T 3,6, $\frac{F}{T}$ 2,833.

6 Betula	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. ° C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	2895	43	
2. „	60	2436	42,5	36,70
3. „	45	2092	51	43,70
4. „	180	9180	52	
5. „	100	5350	55	16,14
Schluss . .	780	15366	20	0

R 18. — Der absolute Maximalwert bei 51° C mit 43 cm³ für A, der Wert 0 am Schluss bedeutet den Tod.

Serie 19.

Cucurbita Pepo, das Laub: F 10,00, T 1,1, $\frac{F}{T}$ 9,090.

4 Cucurbita	Zeit in Min.	Minutengrade C	Max. d. Temp. ° C	A
	0	0		
1. Ablesung	75	1960	42	
2. „	60	2710	45	2,20
3. „	45	1957	44	36,50
4. „	180	8190	46	
5. „	100	4570	47,5	53,65
Schluss . .	780	15366	20	0

R 19. — Erst bei 47° C liegt der absolute Maximalwert mit 53,65 cm³ für A. Die Schlussablesung ergiebt den Tod.

Generalresultat: Auf den Wert der Ampelopsisreihe in der Serie 13 wurde oben hingewiesen. Auch hier in Serie 14 sind die Maxima bei höchster Temperatur die absolut höchsten, bezogen auf alle übrigen Versuchspflanzen. Keine der Versuchspflanzen, welche beiden Serien, der Serie 13 und der zuletzt vorgelegten,

gemeinschaftlich sind, hat in den obersten schädlichen Temperaturen die Maximalwerte der Serie 13 erreicht. Der Tod ist durch die Schlussablesung 0 cm^3 erreicht bei:

Cucurbita Pepo	mit	47,5° C
Betula alba	„	55° C
Vitis vinifera	„	46° C

Bei den übrigen wurde eine so minimale Atmungsgrösse gefunden, dass der Tod angedeutet erscheinen muss.

4. Atmung als Funktion des Gasdruckes und des Partialdruckes des Sauerstoffes.

Der Vorwurf für diese Versuche ist: die Temperatur der Rezipienten und des Gases soll absolut konstant sein, und es soll der Druck des Gasgemisches (Atmosphäre) gradatim gesteigert oder ebenso gemindert werden. Es soll die Atmungsgrösse eines gegebenen Versuchsobjektes als Funktion der Druckänderung dargestellt werden. In dieser Forderung liegt eine theoretische Unmöglichkeit. Die Temperatur kann nicht konstant bleiben, weil die Atmungsgrösse sich ändert und eine Temperaturschwankung der Gase herbeiführt, welche nach den Medien des Thermostaten so ausgeglichen wird, dass sie sich der Messung entziehen muss. Die praktischen Schwierigkeiten liegen in der Gaszufuhr und der Abführung der zu analysirenden Atmungsgase. Die zwei jetzt folgenden Versuchsreihen beschränken sich auf die Bestimmung von A bei Drucken, welche höher sind wie der Barometerstand und dadurch sinken, dass die pflanzlichen Versuchsobjekte den Sauerstoff des Rezipienten in Kohlensäure umsetzen, welche in den Kalilaugestäbchen absorbirt wird und auf die Bestimmung von A bei Drucken, welche vom Barometerstand ab unter denselben Umständen allmählich sinken.

Für die Serie 19 wird zu diesem Behuf an einer weiteren Glasröhre, welche, am einen Ende zugeschmolzen, als Rezipient für das pflanzliche Versuchsobjekt und die Kalistäbchen dient, ein U-Manometer angebracht, in welchem das Quecksilber aufgefüllt wird bis zum Gesamtdruck von 980 mm.

Für die Serie 20 wird an einen der Rezipienten (Fig. 1), ein Steigrohr angebracht, welches in einem Quecksilbernäpfchen endet.

Serie 19 A.

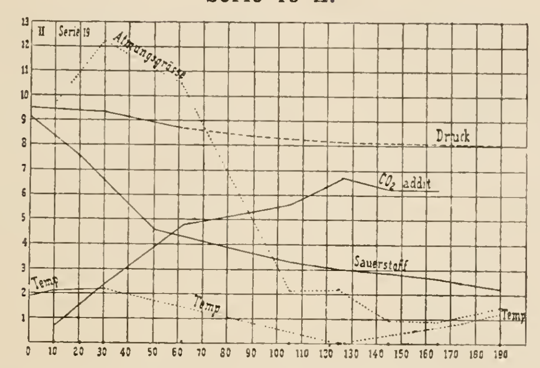


Fig. 4. Kurvenschar für die Serie 19.
In Millimeter-Koordinaten wurde von 0 links nach rechts die Zeit eingetragen: 60 Minuten gleich einem Millimeter. Die Ordinaten für den Druck: ein Centimeter Quecksilber gleich einem Millimeter; für die Atmungsgrösse ein Kubikcentimeter Kohlensäure gleich einem Millimeter; für den Sauerstoff ein Kubikcentimeter gleich 10 Millimeter; für die Kohlensäure $^1/_{10}$ Kubikcentimeter gleich einem Millimeter. Für die Temperaturkurve wurde die Temperatur 19° C die niederste, welche vorkommt, in die Abscissenaxe gelegt; die Ordinaten bedenten die $^1/_{10}$° C über 19° C. Die Konstruktion auf $^1/_2$ photographisch reduzirt bildete die Vorlage für die Abbildung.

Atmung bei einem Druck, welcher höher ist wie der Barometerstand; 3. August. Dann mehrere Tage Temp. 20° C bis 19° C.
Drei Ampelopsissprosse 15 cm lang, F $5{,}5$, T $0{,}7281$, Volum des Rezipienten $53{,}10$ cm³.
Beginn: Dienstag, den 3. August 3 Uhr 30 Minuten nachmittags.
Schluss: Donnerstag, 5. August 6 Uhr vormittags.

Druck	Zeit fortlaufend in St. Min.	Zeit-intervall in Min.	Sauerstoff cm³ im Rez.	Temp. ° C	CO_2 cm³	A
980	0 0	0	9,151	20,9	0	0
966	1 0	60	8,431	21,1	0,72	98,88
948	2 5	65	7,551	21,0	0,88	111,90
934	3 0	55	6,741	21,2	0,81	122,30
881	6 10	190	4,331	20,5	2,41	104,70
839	13 30	440	3,401	19,5	0,93	21,94
831	15 30	120	3,071	19,0	0,33	22,67
829	17 30	120	2,911	19,4	0,16	10,98
827	19 40	130	2,771	19,7	0,14	8,90
826	22 10	150	2,591	20,3	0,18	9,89
824	24 45	155	2,261	20,7	0,30	15,97
812	38 30	925	1,731	19,6	0,53	5,294

Der Rezipient enthält jetzt nur noch 1,731 cm³ Sauerstoff. Die Atmungsgrösse ist auf 5,294 cm³ gesunken. 22 Stunden später ist dieselbe auf 0,009365, der Sauerstoff auf 1,581 cm³ gesunken (5. August). Der Apparat blieb in diesem Zustand bei diffusem Tageslicht stehen bis zum 17. Oktober, also gegen 73 Tage. Das Gas stand jetzt unter 70 mm positivem Druck über dem Barometerstand, welcher 761 mm betrug, der Gesamtdruck somit 831 mm Quecksilber bei 11° C. Die Volumbestimmung ergiebt keine Kohlensäureproduktion, dagegen die für 73 Tage verschwindend klein zu nennende Menge an Gaszuwachs von 1,45 cm³.

In der graphischen Darstellung (Fig. 4) bedeutet die Abscissenaxe die Zeit. Die Ordinaten sind der Druck, die Atmungsgrösse, der Sauerstoffgehalt im Rezipienten die additiven Kohlensäuremengen im Rezipienten, und die Temperaturen über 19° C in $^1/_{10}$° C = 1 mm.

R 20. — Bei dem Aufschichten von über 200 mm Quecksilber über den Barometerstand, unter welchem die Pflanzenteile zu respiriren gewohnt waren, muss zuerst eine höhere Gasabsorption

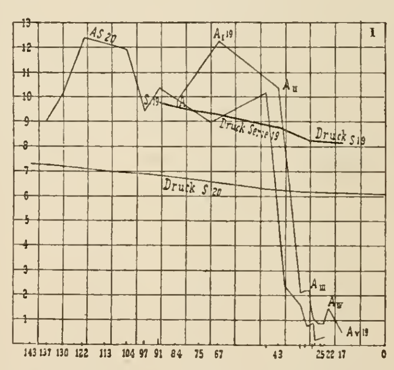


Fig. 5. Kurvenschar für die Versuche der Atmung bei sinkendem Druck.
Die beiden Versuche Serie 19 A und 20 (des Textes) haben die gemeinschaftliche Abscissenaxe. In dieser wurden von 0, rechts nach links die Sauerstoffmengen eingetragen in Millimeter-Koordinaten: $^1/_{10}$ cm³ Sauerstoff = 1 mm. Der Druck ist in den Ordinaten 1 cm Quecksilber = 1 mm. Die Atmungsgrösse 1 cm³ CO_2 = 1 mm. Die Konstruktion wurde auf $^1/_2$ photographisch reduzirt.

in den atmenden Geweben stattfinden. Die Atmungsgrösse wächst im Beginn des Versuches, wie die Kurve in Fig. 4 zeigt. Sie sinkt langsam, bis zu einem bestimmten kleineren Sauerstoffgehalt des Gasgemisches, um plötzlich abzusinken auf sehr kleine Werte, welche in unserer Kurve noch absolute Funktionsmaxima und -Minima

zeigen, die auf die Temperaturschwankung zurückgeführt werden können. Das absolute Maximum der Atmungsgrösse ist gleichwohl hier nicht höher wie in der Serie 20, in welcher ein um 200 mm niederer Anfangsdruck herrschte. Die rasche Herabminderung der Atmungsgrösse erfolgte (vgl. Figur 4 und Tabelle Serie 19 A), nachdem der Sauerstoffgehalt in dem Rezipienten von 9,151 cm^3 auf 4,331 cm^3 gesunken, also bei der Hälfte des gewohnten Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre. Noch deutlicher wird dies in dem Vergleich der zwei Kurvenscharen in Figur 5 (s. vorhergehende Seite), in welcher die Abscissenaxe den Sauerstoffgehalt der Rezipienten bedeutet. In unserem Versuch ist der Druck nach der Herabminderung des Sauerstoffgehaltes und der Atmungsgrösse immer noch 839 mm Quecksilber, also beinahe 80 mm höher wie der mittlere Barometerstand.

Serie 20.

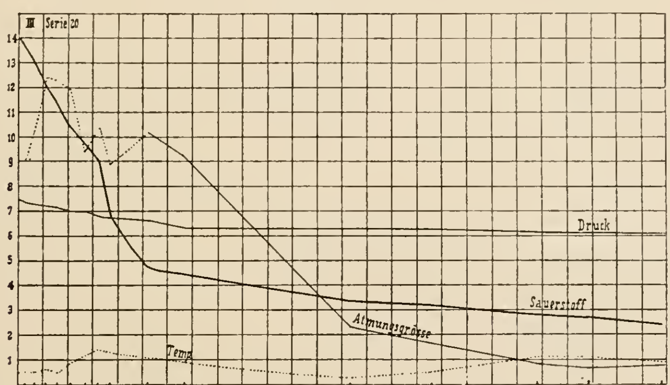


Fig. 6. Kurvenschar für die Serie 20.
Die Konstruktion und Reduktion wie vorher (Fig. 4). Die Konstruktion wurde mit der 14 ten Ordinate abgebrochen.

Atmung bei einem Druck, welcher, niedriger wie der Barometerstand, sinkt.
1. August; Dauer 24 Stunden; T $18{,}5-19{,}5^0$ C. Volum des R_2 101 cm^3.
Sechs Stück 15 cm lange Ampelopsissprosse. F 10,5, T 1,393, $\frac{F}{T}$ 7,537.
Beginn: Sonntg., 1. Aug. 3 Uhr 15 nachm. Schluss: Donnerst., 4. Aug. 7 Uhr vorm.

Druck	Zeit fortlaufend in St. Min.	Zeit-intervall in Min.	Sauerstoff cm^3 im Rez.	Temp. ^{0} C.	CO_2 cm^3	A
743	0 0	0	14,76	18,5	0	0
739	0 19	19	14,36	18,5	0,40	90,86

Druck	Zeit fortlaufend in St. Min.	Zeit-intervall in Min.	Sauerstoff cm^3 im Rez.	Temp. ^{0} C	CO_2 cm^3	A
732,5	0 45	26	13,74	18,6	0,62	102,8
725	1 15	30	13,05	18,5	0,69	124,7
717	1 45	30	12,20	18,9	0,85	122,0
709	2 15	30	11,37	19,2	0,83	119,1
700	2 55	40	10,49	19,4	0,88	94,84
692	3 25	30	9,76	19,3	0,73	104,8
685	3 55	30	9,14	19,1	0,62	89,0
662	6 25	90	7,01	18,9	2,13	102,0
638	12 05	400	4,87	18,3	2,14	23,06
630	15 30	205	4,05	18,6	0,82	17,26
625	19 45	255	3,47	19,1	0,58	9,79
623	21 45	120	3,28	19,1	0.19	6,82
621	24 45	180	2,94	19,9	0,34	8,13
619	28 45	240	2,83	19,5	0,11	1,97
614	37 15	510	2,46	19	0,37	3,125

12 Stunden nach der letzten Aufnahme wurde der Rezipient im grellen Sonnenschein insolirt (25 Minuten lang), sodann wieder verdunkelt. Nach weiteren 18 Stunden ergiebt die Messung: der Kohlensäurezuwachs 0, dafür positiver Gaszuwachs 0,05 cm^3, nach weiteren 18 Stunden kommt positiver Gaszuwachs 0,37 cm^3.

Der Apparat blieb wie im vorhergehenden Versuch (Serie 19 A) bis 17. Oktober stehen. Die Gase stehen jetzt unter dem negativen Druck (Zug) von 154 mm Quecksilber. Bei einem Barometerstand von 761 ergiebt diese den positiven Druck von 607 mm Quecksilber. Die Volumbestimmung ergiebt für die 73 Tage die verschwindende Menge von 0,90 cm^3 positiven Gaszuwachses. Die Kohlensäurebildung ist gleich Null.

R 21. — Im Gegensatz zum Versuch, Serie 19, beginnt der Versuch unter dem Druck der Atmosphäre, den der Pflanzenteil vorher gewohnt war. Eine grössere Absorption von Gasen wie im gewöhnlichen Leben greift hier nicht Platz. Gleichwohl zeigt die Atmungsgrösse in der analogen Kurvenschar (Fig. 6) drei Maxima,

während nur ein Temperaturmaximum vorkam. Der rasche Absturz der Kurve tritt bei demselben Sauerstoffgehalt 7,1 cm³ bezogen auf 14,76 cm³ (im Anfang) ein.

Noch anschaulicher tritt das Verhalten hervor, wenn in die Figur 5 von 0 ab nach Links die Sauerstoffmenge in die Abscissenaxe gelegt, die Atmungsgrösse und der Druck als Ordinaten eingetragen werden.

5. Vergleichende Bestimmung der Atmungsgrösse.

Von den Algen bis zu den Phanerogamen sind hier die Atmungsgrössen vergleichend zusammengestellt. Bei den Bestimmungen wurde ein Druckunterschied für die Absorption eingehalten, welcher 20—30 mm nicht überstieg. Die Fehler, infolge der Druck- und Sauerstoffschwankung, sind also so klein wie möglich.

I. Algae.

Die Algen können mit Ausnahme der niedersten Chroococcaceen, Palmellaceen, Volvocineen u. a. m. in Reinkulturrasen draussen aufgefunden im feuchten Zustand in Reagensgläsern in die Rezipienten eingesetzt werden.

Serie 21.

R		$\frac{F}{T}$	A
	März. Dauer 15 Stunden 30 Minuten.	T 14 - 18° C.	
6	Oscillariarasen	5,833	178,4
	März. Dauer 5 Stunden 15 Minuten.	T 15—18° C.	
5	Gr. Flechtengonidien; Baumrinde	2,66	54,10

Es ist leicht einzusehen, dass für alle in Rasen herausgehobene Algenmassen die Relation des Frisch- und Trockengewichtes eine geringe wissenschaftliche Bedeutung haben kann, anders liegt dies mit den Werten der letzten Kolonne, welche sich auf das Trockengewicht beziehen.

Serie 22.

Spirogyra maxima. 20. Juni. Dauer 9 Stunden 30 Minuten. T. 15,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Fäden im Lot	4,15	0,4	10,14	22,11
3	„ „ horizontal	3,2	0,6	5,33	20,77

R 22. — Der Maximalwert für A ist beträchtlich, 178 cm³. Der Minimalwert bei Spirogyra 20 cm³.

II. Fungi.

Die hier gewählten Versuchsobjekte sind zum Teil erdbewohnend (saprophyt), wie die Agaricini, ein Teil der Ascomyceten, oder sie sind auf tote Stämme, Rinde, Blätter angewiesen, oder endlich obligat parasitär. Je nach diesen Umständen muss das Substrat mit in die Messung hereingezogen werden, oder es muss die Atmungsgrösse des gesunden lebenden Wirtes mit der des pilzkranken verglichen werden.

Im Nachfolgenden sind die Beobachtungen in der Reihenfolge des Pilzsystemes geordnet:

1. Mixomycetes.

Serie 23.

Plasmodium, kurz vor und während der Sporogonbildung.
10. Juli. Dauer 2 Stunden T 17,5—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die ellipsoïde Masse mit der grossen Ellipsenaxe i. d. Rezipienten	3,6	1,01	3,564	91,09
2	Die Masse umgekehrt	3,6	1,01	3,564	35,64

Die Differenz kann beruhen in der Umlagerung der Schwingungen durch die Gravitation oder in der Phasenänderung, Sporenbildung.

R 23. — Der niedere Wassergehalt von 3,564 weist darauf hin, dass von der ersten Bestimmung für A mit 91,09 nach der zweiten der Körper in die Sporenbildung überging. Es ist dies somit eines der durchschlagenden Beispiele für die Änderung der Atmungsgrösse durch den Phasenwechsel.

7. Definition. Bei allen endophyten Pilzen wird der grösste Teil der plastischen Masse für die Mycelien und Sporogonien des Pilzes von dem Wirt geliefert. Die Spore bringt eine verschwindende Menge plastischen Materiales mit. Der Wirt deckt allen übrigen Aufwand des Parasiten. Der Parasit führt die Organe der Wirtspflanze mehr weniger bedeutenden Hypertrophieen entgegen, oder er bringt die Organe in den Zustand des Kümmerns bis zur Atrophie.

2. Myceliophori.

a) Phycomycetes.

α) Peronosporeen.

Nahezu gleiche Mengen der gesunden und der unter dem Einfluss von Cystopus candidus erkrankten Stengel von Capsella bursa pastoris werden, mit der Schere herausgeschnitten, der Untersuchung unterworfen.

Serie 24.

Dauer 8 Stunden 30 Minuten. T 17—19° C. 22. Mai.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Capsella bursa pastoris, gesunde Stengel	2,6	0,55	4,728	78,29
III	Capsella bursa pastoris, Stengel mit Conid. d. Cystopus candidus	1,92	0,41	4,682	153,0

Auf 1 Gramm des Trockengewichtes zeigten somit die erkrankten fast den doppelten Wert der Atmungsgrösse der gesunden.

Serie 25.

Peronosporakrankes Kartoffellaub. 25. Juni. Dauer 2 Stunden. T 19—$20_{,5}$ ° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Das kranke Kartoffelblatt . .	3,36	0,70	4,799	152,2
II	Das gesunde Kartoffelblatt .	4,10	0,56	7,321	112,6

R 23 A. — Die erkrankte Capsella, mit mächtigen Hypertrophieen des Stammes, zeigt nahezu den gleichen Wassergehalt $\left(\frac{F}{T}\right)$ wie die gesunde, aber das doppelte der Atmungsgrösse. Das Peronosperalaub der Kartoffel dagegen weist auf: Geringeren Wassergehalt, keine Hypertrophieen, dagegen Erschlaffung, Missfärbung und ein Verhältnis der Atmungsgrösse zum gesunden wie 112 : 152. Das kranke Laub ergiebt für A 40 cm^3 mehr Kohlensäure wie das gesunde.

β) **Chytridieae.**

Ranunculus Ficaria zeigt in der Nähe von Münden eine endemische Chytridiee, welche fast in allen Jahren herausgegriffen werden kann. Kurz vor der Ausbildung der Sporogonia auf den Blättern ergiebt die Messung:

Serie 26.

28. April. 9 Stunden. $18_{,5}$ ° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
I	Ranunculus Ficaria, chytridiumkrank .	7,00	190,70
II	„ „ gesunde Blätter	7,619	146,9

R 24. — Der Wassergehalt der gesunden Blätter ist etwas höher. Die Chytridiee zwingt den Wirt zu mässigen Hypertrophieen da, wo die Sporogonia des Pilzes entstehen. Das endophytintrazellulare Mycel bringt Gelbflecken in dem Laub hervor von 4—6 mm Durchmesser. Die Atmungsgrösse der gesunden Blätter ist relativ gross, die kranken brauchen 43 cm^3 Kohlensäure mehr.

b) Hypodermiei.

α) Ustilaginei.

8. Definition. Die Ustilagineen zerstören, bis auf geringe Reste der Fibrovasalien, das ganze System der Grasblütenstände:

Serie 27.

Triticum Spelta. 28. Juni. Dauer 5 Stunden. T 21—22° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Vier gesunde Ähren in der Blüte stehend	4,35	1,42	3,063	67,04
III	Drei Ustilago-Ähren	1,62	0,65	2,491	109,8

R 25. — Der Wassergehalt der erkrankten Ähren ist merklich kleiner. Die Gewebe sind fast vollständig zerstört und resorbirt oder durch Atmung verbraucht. Der Parasit zeigt das $\frac{109}{67}$ fache der Atmungsgrösse der gesunden Ähren.

β) Uredinei.

9. Definition. — Die Uredineen bringen schwächere oder stärkere Hypertrophieen, oder Deformirungen und Fernwirkungen der Erkrankung zu stande. Wir ordnen das Material nach der gradweisen Steigerung des störenden Einflusses.

Serie 28.

Aecidium berberidis. 30. Mai. Dauer 6 Stunden 35 Minuten. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Gesunde Abschnitte der kranken Blätter von Berberis vulgaris .	1,50	0,401	3,55	128,1
II	Aecidiumkranke Blätterabschnitte von Berberis vulgaris	1,65	0,550	5,23	146,3

R 26. — Gerade hier ist die Hypertrophie des erkrankten Berberizenblattes sehr stark, der Atmungsgrössenunterschied 18 cm^3 Kohlensäure. Dies beruht aber, was scharf betont werden muss,

darin, dass die Hypertrophie bereits ausgeführt war zur Zeit der Messung. Der Wassergehalt der krankhaft hypertrophen Teile ist beträchtlich grösser.

Serie 29.

8. Mai. Dauer 5 Stunden. T 18—20° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
3	Viola canina, aecidiumkrank	3,553	85,27
4	„ „ , das gesunde Blatt . . .	4,000	97,01

R 27. — Hier zeigt das gesunde Laub einen höheren Wert für A gegenüber dem kranken.

Aegopodium Podagraria zeigt erst im Juni die Sporogonia in der Reife. Die befallenen Blätter mit mässigen Hypertrophieen der Blattfläche zeigen am 24. Mai:

Serie 30.

Uromyces auf Aegopodium Podagraria. 24. Mai. Dauer 5 Stunden 30 Minuten. T 17—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Die kranken Blätter	0,94	0,25	3,760	135,7
5	Die gesunden Blätter	2,40	0,54	4,444	94,56

R 28. — Auch hier zeigt der gesunde Wirt einen höheren Wassergehalt bei hoher Atmungsgrösse, die kranken Blätter ergeben 41 cm³ mehr Kohlensäure.

Serie 31.

2. Mai. Dauer 16 Stunden. T 15—18° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
2	Anemone nemorosa, aecidiumkrank . .	5,436	109,8
3	„ „ , gesunde Blätter . .	5,400	89,28

R 29. — Der Wassergehalt ist bei beiden Versuchsobjekten nahezu gleich; der Überschuss von A für die kranken beträgt 20 cm^3.

Ausserordentlich starke Deformirung finden sich bei Euphorbia Cyparissias unter dem Einfluss eines Aecidium, die erkrankte Pflanze zeigt die Blätter breit elliptisch entwickelt. Das Ergebnis ist in Bezug auf die gesunden Blüten von Interesse.

Serie 32.

Euphorbia Cyparissias. 28. Mai. T 16—18⁰ C. Dauer 8,83 Stunden.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Gesunde Blätter	0,86	0,30	2,866	119,0
II	Aecidiumkranke Blätter . . .	2,45	0,56	4,375	160,2
III	Blüten	1,30	0,26	4,999	162,9

R 30. — Die erkrankten Stämme kommen überhaupt nicht zur Blütenbildung. Der Überschuss für A der kranken ist 41 cm^3 Kohlensäure.

Die Phase, in welcher der Pilz steht, ist auf die Atmungsgrösse von Einfluss. Die Atmungsgrösse der Mycelien, Sterigmen, Sporen u. s. f. muss veränderlich sein, andererseits aber muss auch der Wirt selbst eine von der Phase des Gastes abhängige verschiedene Grösse aufweisen, wie aus folgenden zwei Messungen erhellt:

Serie 33.

2. Mai. Dauer 10,5 Stunden. T 15—16⁰ C.

R		$\frac{F}{T}$	A
5	Picea excelsa mit Chrysomixa abietis . .	2,090	13,51
6	" " , die gesunden Nadeln . .	1,975	8,095

Am zweiten Mai war die Nadel noch geschlossen. Die Sterigmen nicht gestreckt. Die Sporidien nicht gebildet. Am 30. Mai stäubten die Sterigmen.

Serie 34.

Chrysomixa abietis. 30. Mai. Dauer 5,75 Stunden. T 18,5 ° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Gesunde Fichtennadeln	3,1	1,85	1,676	8,74
III	Chrxsomixakranke Nadeln, Chrysomixa mit Sporidien	2,15	1,00	2,15	31,30

R 31. — In der Entwickelung der Sporogonien von Chrysomixa wird die Atmungsgrösse der erkrankten Nadeln vom anderthalbfachen (am 2. Mai) auf das vierfache (30. Mai) der gesunden gesteigert.

10. Definition. Holz und Rinde zeigen eine kleinere Atmungsgrösse bei kleinerem Wassergehalt.

Serie 35.

Pilzkranke Zweige. 4. Mai. 5 Stunden. T 15,5 ° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
3	Juniperus Sabina mit Podisoma-Gymnosporangien	1,70	16,12
2	Juniperus Sabina ohne Podisoma-Gymnosporangien	2,10	6,667

R 32. — Die Rinden bewohnende Podisoma vermindert den Wassergehalt des Wirtes und zeigt das 2½fache der Atmungsgrösse des gesunden Wirtes.

Serie 36.

Secale cereale, uredokranke Blätter.

19. Juni. 2 Stunden 30 Minuten. T. 15,5–16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Blätter ohne Sporogonien . .	1,68	0,50	3,359	53,60
III	„ mit Uredo- und Puccinia-sporenlagern	2,30	0,60	3,832	84,01

R 33. — Der Wassergehalt ist am 19. Juni bei dem Roggen schon sehr klein und erscheint an den erkrankten Pflanzen wenig alterirt. Die erkrankten Blätter ergeben eine um 31 cm³ Kohlensäure höhere Atmungsgrösse. Die erkrankten Blätter zeigen die 1,604fache Atmungsgrösse der gesunden.

c) Basidiomycetes.

Die Pilzmassen, aus der freien Natur hereingebracht, hatten draussen Zeit genug, sich mit Wasser zu sättigen. Die Koëffizienten für T und F stellen daher den oberen Sättigungsgrad dar. Das Hauptgewicht ist auf den in der Entwicklung befindlichen Trametes und das weissfaule, zu ihm gehörige Holz von Carpinus betulus zu legen. Der Trameteshut bildet 90 cm³, das weissfaule Holz nur 18 cm³ Kohlensäure.

Serie 37.

R		$\frac{F}{T}$	A
	März. Dauer 15 Stunden 30 Minuten. T 14—16° C.		
II	Weissfaules Eichenholz	3,48	5,162
	März. Dauer 1 Stunde 35 Minuten. T 16° C.		
I	Trametes conchata, die wachsenden Hüte	2,396	90,12
	März. Dauer 5 Stunden 40 Minuten. T 16° C.		
III	Weissfaules Holz zu Trametes . . .	2,218	18,44
	März. Dauer 5 Stunden 40 Minuten. T 16° C.		
II	Exidia (Agaricini), Eichenrinde . . .	4,451	43,55

Der ausgewachsene Agaricineenhut ergiebt 43 cm³ Kohlensäure, also nur die Hälfte, bezogen auf den in der Entwicklung begriffenen Trameteshut.

Serie 38.

Basidiomycetes, Agaricineenhüte. 19. Juni. T 16° C

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Hydnum repandum	8,7	1,1	7,909	185,0
II	Cantharellus cibarius . . .	9,70	0,91	10,66	65,07

R 34. — Die Vergleichung der Phase verschiedener Basidiomycetenarten ist schwer, wenn nicht unmöglich. Die Serie 38 zeigt Hydnum mit kleinerem Wassergehalt gegenüber Cantharellus. Gleichwohl ist die Atmungsgrösse des ersteren dreimal grösser, was nur auf Energieunterschiede (Rassenenergie) zurückgeführt werden kann.

10. Definition. In der Serie 39 lag ein junger turgeszenter Pilzhut vor von 5 cm Querdurchmesser. Die Lamellen waren in der Entwicklung begriffen.

Serie 39.

Boletus edulis. 12. Juli. Dauer 4 Stunden 30 Minuten. T 17—$17{,}_5{}^0$ C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Hutgewebe	3,10	0,4	7,750	155,5
II	Lamellen der Basidien . . .	3,85	0,68	8,604	240,2

R 35. — Hier fällt der ausserordentlich hohe Wert für A von 240 cm^3 auf. Die Lamellen zeigen einen höheren Wert gegenüber dem Hutgewebe.

d) Ascomycetes.

In dieser Gruppe konnten nur zwei Messungen ausgeführt werden.

Serie 40.

Peziza graminis auf Festuca elatior.

29. Mai. Dauer 11 Stunden. T $16{,}_5$—$18{,}_5{}^0$ C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Gesunde Halme	1,95	0,40	4,874	17,04
4	Pezizakranke Halme	1,20	0,31	3,871	80,93

Tubercularia laburni auf Rinde von Carpinus betulus; 120 Spermogonpusteln. Dauer des Versuchs 13 Stunden 45 Minuten. Temperatur 13—17^0 C (Februar).

R II. Die Rindenstückchen mit Tuberculariapusteln $\frac{F}{T}$ 2,00. CO_2 pr. gr. T 100 St. 18,79. Der Wert von 18,79 überwiegt den

Maximalwert aller Werte der beobachteten Atmungsgrösse gesunder Rinden (s. unten) nicht wesentlich.

R 36. — Zusammenstellung für die Pilze und die Algen. Der höchste Wert von A für die Pilze beträgt 240,2 für Boletus gegenüber dem höchsten Wert von 178 bei den Algen (Oscillarieen). Der höchste Wassergehalt kommt den Pilzen zu $\frac{F}{T}$ 10,6. Für die endophyten Pilze auf lebenden Organen der Wirte erreichen die Überschüsse von A der kranken gegenüber den gesunden Organen für 1 Gramm der trockenen Substanz des Wirtes bei

Viola odorata . . .	mit	Aecidium	0
Picea excelsa . . .	„	Chrysomixa abietis . .	5
Juniperus Sabina . .	„	Podisoma juniperi . .	10
Berberis vulgaris . .	„	Aecidium	18
Anemone nemorosa .	„	Aecidium	20
Picea excelsa . . .	„	Chrysomixa	23
Solanum tuberosum .	„	Peronospora	40
Euphorbia Cyparissias	„	Aecidium	41
Aegopodium Podagraria	„	Uromyces	41
Triticum Spelta . . .	„	Ustilago	42
Ranunculus Ficaria .	„	Chytridiee	54
Capsella bursa pastoris	„	Cystopus candid. . .	75
Eiche, totes Holz . .	„	Trametes	72
Festuca elatior . . .	„	Peziza graminis . . .	63.

Der Wassergehalt erscheint erhöht bei den kranken Organen gegenüber den gesunden bei:

Picea excelsa . .	mit	Chrysomixa . .	um	1,67 : 2,15
Picea excelsa . .	„	Chrysomixa . .	„	1,97 : 2,09
Euphorbia Cyparissias	„	Aecidium . .	„	2,86 : 4,37
Secale cereale . .	„	Uredo	„	3,35 : 3,83
Berberis vulgaris .	„	Aecidium . .	„	3,55 : 5,23.

Der Wassergehalt erscheint bei den kranken Organen niederer gegenüber den gesunden:

Juniperus Sabina . .	mit	Podisoma .	um	2,10 : 1,70
Triticum Spelta . .	„	Ustilago .	„	2,49 : 3,06
Viola odorata . . .	„	Aecidium .	„	3,55 : 4,00
Aegopodium Podagraria	„	Uromyces .	„	3,67 : 4,44

Solanum tuberosum	. mit Peronospora	um	4,79 : 7,32
Capsella bursa pastoris	.. Cystopus .	..	4,68 : 4,72
Festuca elatior. . . .	.. Peziza graminis	..	3,87 : 4,87.

Der Aschengehalt muss in erkrankten Organen wachsen, oder es müssen die durch die Atmung gewonnenen Aschen nach den gesunden Organen abfliessen (vgl. Translokation der Aschenbestandteile in Handb. der Pflanzenphysiologie).

III. Flechten (Lichenes).

Eine geringe Anzahl von Messungen im trockenen und nassen Zustand des Thallus liegt hier vor. Den Flechten kommt zu ein langsames Wachstum und grosse Zählebigkeit gegenüber dem Wechsel im Wassergehalt.

Serie 41.

R	Trocken	$\frac{F}{T}$	A
	März. Dauer 12 Stunden 45 Minuten. T 15—17° C.		
III	Cladonia, Thallus	1,825	7,666
	März. Dauer 25 Stunden. T 15—18° C.		
I	Evernia auf Eschenrinde		1,580

R 37. — Dem trockenen Thallus kommt ein niederster Wert für A zu.

Serie 42.

3. Mai. Dauer 5 Stunden 33 Minuten. T 15—18° C.

R	Nass	$\frac{F}{T}$	A
2	Cladonia pyxidata	2,686	22,66

Peltigera canina. 1. Juli. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Thallus	3,30	0,82	4,024	54,88
II	Apothecien	1,45	0,35	4,135	51,42

R 38. — Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ schwankt zwischen 1,82 und 4,135. A erreicht den Maximalwert von 54 cm^3, welcher niederer ist wie die Maximalwerte für die Mycelien der Myceliophori unter den Pilzen. Die mit wenig Hyphen vermischten Flechtengonidien (Serie 21) weisen für A 54,1 auf. Eine approximative Abwägung von A für die Hyphen und Gonidien des Thallus ist nicht zu ermöglichen.

IV. Musci.

Die feuchten Rasen (Februar—März) wurden von der Erde gesäubert, die humosen, abgestorbenen Teile bei Polstermoosen mit der Schere entfernt. Die Pflänzchen mit grünen, in der Entwicklung begriffenen Kapseln wurden besonders untersucht.

Serie 43.

R		$\frac{F}{T}$	A
	Februar. Dauer 11 Stunden 10 Minuten. T 13—16° C.		
II	Jungermannia barbata	4,000	12,77
	Februar. Dauer 9 Stunden. T 15—16° C.		
4	Polytrichum commune	2,681	21,63
	März. Dauer 18 Stunden 20 Minuten. T 13—16° C.		
3	Bartramia pomiformis mit grünen Kapseln	2,143	20,06
	März. Dauer 27 Stunden 40 Minuten. T 13—16° C.		
2	Dieselbe ohne Kapseln	2,500	18,99
	März. Dauer 15 Stunden. T 15—18° C.		
II	Hypnum cupressiforme		14,91
III	Catharinea Callibryon		36,67
	März. Dauer 18 Stunden 40 Minuten. T 15—16° C.		
2	Bryum nutans mit Seten	3,380	41,60

R 39. — Geringere Atmung zeigt Jungermannia, die Laubmoose nahe beisammenliegende Grössen wie 14 bis 21. Der Maximalwert kommt den weiblichen Kapselpflanzen von Bryum nutans mit 41,60 zu. Die Beziehung zwischen lebenden Teilen und der Vermoorung unterliegenden ist weiter unten berücksichtigt.

Serie 44.

R		$\frac{F}{T}$	A
	2. Mai. Versuchsdauer 27,5 Stunden. T 15° C.		
III	Aneura pinguis	20,00	51,24
II	Leucobryum europaeum, die grünen Polsterteile	17,82	36,38
I	Leucobryum europaeum, d. braunen Polsterteile	6,112	12,66
	2. Mai. Dauer 16 Stunden. T 15—18° C.		
4	Polytrichum commune, die weibliche Pflanze	2,643 Seten!	11,34
5	„ „ , die männliche „	3,492	15,18
6	„ „ , die ungeschlechtliche Pflanze	3,714	26,25

Ende Mai sind die Seten und Kapseln bei Polytrichum commune dem Volum nach ausgewachsen. Die Kapseln, noch grün, müssen im Innern noch Zustandsänderungen ausführen.

Serie 45.

Polytrichum commune. 28. Mai. Dauer 11,5 Stunden. T 17—17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Die weibliche Pflanze ohne Seta und Kapsel	1,6	0,71	2,253	12,86
II	Die halbreife Kapsel und Seten .	2,2	0,75	2,933	43,70
III	Die sterile Pflanze	1,8	0,75	2,400	23,54
		Erschöpfung der ♀ Pflanze.			

R 40. — Die Kapseln zeigen die grösste Atmungsenergie. Die beblätterte weibliche Pflanze, aus welcher die Seten herausgepflückt worden waren, zeigt alle Symptome der Erschöpfung gegenüber der sterilen Pflanze, welche die doppelte Atmungsgrösse aufweist.

Serie 46.

18. Juni. Dauer 6 Stunden 20 Minuten. T 16,5° C.

R		F	T	F/T	A
5	Marchantia polymorpha, das Lager	2,7	0,55	4,909	35,04

R 41. — In Bezug auf den Wassergehalt tritt der Minimalwert von 2,1, der Maximalwert von 20 bei Aneura, der Maximalwert von A 51,24 bei Aneura pinguis auf. Den Sexualpflanzen und den heranreifenden Kapseln und Seten kommen höhere Werte für A zu gegenüber den vegetativen Organen.

In diesem Teil der Untersuchung kommen wir zu den Pilzen (vgl. oben, S. 192 ff.) zurück. Mit dem Absterben und der Vermoderung tritt Pilzwirkung ein. Die erste Beziehung ist die Relation der Atmungsgrösse lebender und toter vermoorender Moospolster.

Serie 46 A.

R		F	T	F/T	A
	Sphagnum squarrosum. Dauer 8 Stunden. T 15—17° C.				
I	Der lebende Teil des Polsters		0,35		34,33
II	Der vermoorende Teil des Polsters		0,95		17,63
	Hypnum triquetrum. Dauer 11 Stunden. T 15—16° C.				
I	Der lebende Teil	1,80	0,92	1,956	14,03
II	Der abgestorbene Teil . . .	2,75	1,10	2,50	8,26

R 41. — Im abgestorbenen Teil der Moospolster ist A annähernd 1/2 der gesund vegetirenden.

V. Gefässkryptogamen.

Im Interesse der Übersicht über die Hauptgruppen der Pflanzen folgen hier einige Bestimmungen an den Gefässkryptogamen.

Serie 47.

Februar. Dauer 17 Stunden. T 16—17° C.

R		F/T	A
3	Selaginella Mertensii (Stengel)		5,88
5	Junge Farnpflanze (Prothallien)		17,84

R		$\frac{F}{T}$	A
	Februar. Dauer 11 Stunden 45 Minuten. T 15—17° C.		
3	Polypodium vulgare, Rhizom	3,272	3,790
	Februar. Dauer 9 Stunden 45 Minuten. T 15—17° C.		
4	Polypodium vulgare, Wedel	2,555	16,75

Keiner der Werte erreicht die niederen Kryptogamen mit Ausnahme des Wertes 16,75. Geforderte Differenzen liegen noch in den Wedeln der Farne, welche dicht mit Sporogonien besetzt sind gegenüber den nicht fertilen Wedeln. Die Sporogonien sind grün, noch in der Entwicklung begriffen.

Serie 48.

6. Mai. Dauer 4,666 Stunden. T 17° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
I	Aspidium filix mas, junge Wedel mit Sporogonien	5,315	228,1
II	Aspidium filix mas, junge Wedel ohne Sporogonien	5,631	182,9

R. 42. — Es ergiebt sich ein Überwiegen der fertilen Wedel um 46 cm³ Kohlensäure pro Gramm des Trockengewichtes für 100 Stunden. Eine geringere Atmungsgrösse weisen die Equiseten auf. Aber auch hier ist dieselbe in den Sporogonien beträchtlich grösser.

Serie 49.

28. April. Dauer 9 Stunden. T 18—19° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
2	Equisetum silvaticum, junge Grünstämme mit Sporogonien . . . . , . .	3,971	26,97
3	Equisetum arvense, Sporogonien allein .	4,829	49,94
4	„ „ , Grünstämme allein .	6,334	35,93
5	„ „ , Bleichstämme allein, ohne Sporogonien	7,439	33,60

R 43. — Die Grünstämme atmen stärker wie die Bleichstämme. Den Sporogonien kommt während ihrer Entwicklung der Maximalwert für A zu. Die Equiseten erreichen die Farne in der Atmungsgrösse nicht.

VI. Phanerogamen.

Während der Keimung und während der Blütezeit kommen, wie bekannt, die höchsten Werte für die Atmungsgrösse zum Ausdruck. In den folgenden Versuchen wurden die Sämereien in flachen Keimschalen von gebranntem Ton angequellt, im dunstgesättigten Thermostatentreibhaus zur Keimung gebracht, sodann in den Rezipienten auf ihre Atmungsgrösse untersucht. Die Temperatur für die Aufzucht bis zum Versuch liegt zwischen 18 bis 23° C, die Temperatur für den Versuch ist der des Versuchsraumes 15° bis 18°, oder für die Versuche der Temperaturfunktionen die künstlich gesteigerte des Thermostaten oder sonstiger Wärmereservoire. Da die Individualität hier zur Geltung gelangt, werden in den Tabellen die Zahl der Keimlinge, das Frisch- und Trockengewicht, sowie der Koeffizient $\frac{F}{T}$ ausgeworfen. Zunächst spielt für die Rechnung das Anfangsgewicht des Aussaatobjekts, ob eine Eichel oder ein Kressenkorn, eine Rolle (vgl. auf p. 175 unter A Methoden).

Mit Ausnahme der ersten Versuchsreihe (Serie 50) werden alle Objekte im Dunkeln aufgezüchtet und für alle wird der Atmungsversuch in absoluter Dunkelheit ausgeführt.

1. Licht und Dunkelheit.

Die im Licht bis zum Ergrünen der Blätter aufgezüchtete Pflanze muss sich gegenüber der im Dunkeln etiolirten verschieden verhalten in Bezug auf die Atmung in absoluter Dunkelheit.

Serie 50.

Keimpflanzen gleicher Aussaat im Licht und in der Dunkelheit.
März. Dauer 14 Stunden. T 13—15° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
3	Gerste im Licht	4,333	53,81

März. Dauer 24 Stunden 50 Minuten. T 13—15° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
1	Gerste im Dunkeln etiolirt	5,555	39,90

R 44. — Die Atmungsgrösse ist für die etiolirte Pflanze sehr entschieden kleiner, 39 gegen 53 der Lichtpflanze. Das Trockengewicht ist nach den Koeffizienten ebenso kleiner.

2. Der Gesamtvorgang der Keimung.

Vom Zeitpunkt des Anquellens bis zur vollen Ausbildung aller Embryonalorgane, bis zur Entfaltung der ersten Blätter müssen verschiedene Atmungsgrössen gefunden werden.

Die Sämereien wiegen im lufttrockenen Zustand:

50	Stück	Bohnen (Phaseolus multiflorus)	Gramm	30,30
„	„	Erbsen (Pisum sativum) . . .	„	19,00
„	„	Weizen (Triticum vulgare) . .	„	2,30
„	„	Roggen (Secale cereale) . . .	„	1,65
„	„	Hafer (Avena sativa)	„	1,90
„	„	Gerste (Hordeum vulgare) . .	„	2,20
„	„	Kresse (Lepidium sativum) . .	„	0,23.

I. Serie von Gasmessungen bei der Keimung.

Nachdem die Sämereien bei 20° C im Thermostaten, während 48 Stunden angefeuchtet, gequollen waren, bis die Integumente der beiden ersten Sämereien straff angezogen erschienen, wurden die Respiratoren mit denselben beschickt. Nach der Ablesung kommen die sechs Rezipienten in den Thermostaten bei 22° C. für acht Stunden, dann zur Abkühlung auf den Gastisch bei 17° C während zwei Stunden und 30 Minuten. Es erfolgt die Ablesung und Volumberechnung. Die Sämereien haben bis jetzt 8 Stunden 22° C, 2 Stunden 30 Minuten 17° C, zusammen 12230 Celsiusminutengrade. Bis jetzt zeigt nur der Roggen die ½ bis 1 Millimetervorstösse der Keimaxe und Wurzeln. Die Rechnung ergiebt:

Serie 51.

Keimende Sämereien während der Quellung und des Ankeimens.
Dauer 10 Stunden 30 Minuten. T 17—22° C.

R		T	CO_2 cm^3	A
1	8 Stück Phaseolus multiflor. . . .	4,40	3,51	7,59
2	14 „ Pisum sativum	4,70	3,64	7,37
3	50 „ Triticum	2,30	0,98	7,75
4	„ „ Secale cereale	1,50	1,15	7,30
5	„ „ Hordeum	2,20	0,38	1,64
6	„ „ Avena	1,55	0,42	5,10

II. Serie von Gasmessungen bei der Keimung.

Nach den Ablesungen der I. Serie wurden die Rezipienten in den Thermostaten 2 Stunden 10 Minuten 24° C = 3020 Minuten-Celsiusgrade zurückgegeben, hierauf auf dem Experimentirtisch 16,5° C 30 Minuten = 395 Minuten-Celsiusgrade, sodann in den Thermostaten 7 Stunden 40 Minuten 25° C = 11500 C Minutengrade verbracht. Die Rezipienten 1, 2 eilten vor, so dass der Skalenspielraum des Manometers fast erschöpft war. Diese ergaben somit nach 10 Stunden 20 Minuten als der Gesamtdauer:

Serie 52.

Dauer 10 Stunden 20 Minuten. T 17—25° C.

R		T	CO_2 cm^3	A
1	8 Stück Phaseolus	4,40	3,46	7,63
2	14 „ Pisum	4,70	3,88	8,01

Die Gesamtlänge der aus den Integumenten hervorragenden Wurzeln ist für die Bohne 50 mm, für die Erbse 119 mm.

Die übrigen vier Rezipienten blieben im Thermostaten von 4 Uhr 30 Minuten vormittags bis 3 Uhr 30 Minuten nachmittags 11 Stunden 25° C = 14700 Minutengrade. Diese haben also insgesamt: 21 Stunden, fünfzig Minuten und 26515 Celsius-Minutengrade.

Serie 53.

Dauer 21 Stunden 50 Minuten. T 17—25° C.

R		T	CO^2 cm^3	A
3	50 Stück Triticum	2,30	1,03	2,05
4	„ „ Secale	1,50	3,67	10,20
5	„ „ Hordeum	2,20	2,29	4,77
6	„ „ Avena	1,55	1,49	4,40

Die Wurzellängen sind: Weizen 0, Roggen 102, Gerste 8 mm, Hafer 28 mm. Bei dem Weizen zeigen sich die ersten weissen Vorstösse der Keimaxe. Die Atmungsgrösse ist somit von der Grösse der wachsenden Keimorgane abhängig, wie die Zahl für Secale gegenüber den übrigen beweist. Aus denselben Aussaaten wurden die nachfolgenden Bestimmungen in dem Mass, wie sich die Keimteile entfalteten, ausgeführt:

III. Serie der Gasmessungen bei der Keimung.

Serie 54.

Keimende Sämereien. Gesamtkeimpflanze mit den Reservebehältern. (Februar.)

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
	Dauer 2 Stunden. 15—16° C.					
5	8 Stück Phaseolus . . .	10,2	4,5	2,266	1,42	15,78
II	10 „ Pisum	8,80	3,05	2,885	2,25	36,89
	Dauer 11 Stunden 15 Minuten. T 14—16° C.					
4	30 Stück Triticum . . .	2,06	0,70	2,942	3,72	47,13
6	40 „ Hordeum . . .	2,40	1,15	2,087	4,51	33,16
	Dauer 14 Stunden 15 Minuten. T 14—16° C.					
2	30 Stück Avena	2,20	0,51	4,313	3,81	52,42

Die mittleren Längen der Keimorgane in mm sind für diese Serie:

	Keimaxe oder Konvolut der Blätter	Wurzeln
Phaseolus	8	30
Pisum	10	30
Triticum	13	15
Hordeum	5	8
Avena	40	18

IV. Serie der Gasmessungen bei der Keimung.

Diese zeigt die Atmungsgrösse der Kotyledonen von Phaseolus der Fruchtkörper der Cerealien, nachdem die Keimteile abgeschnitten waren.

Serie 55.

Sämereien, Kotyledonen und Frucht ohne Keimteile.

Februar. Dauer des Versuches 8 Stunden. T 15—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
1	Phaseolus multiflor., 8 Integ. 16 Kotyledon.	9,00	3,85	2.337	0,29	9,410
2	54 Stück Triticum . . .	2,90	1,75	1,658	0,60	4,286
4	50 „ Secale cereale .	2,20	1,20	1,833	1,39	14,47
5	„ „ Hordeum . . .	3,10	1,70	1,825	0,58	4,265

V. Serie der Gasmessungen bei der Keimung.

Serie 56.

Keimende Sämereien. Etiolirte Keimstämme und Blätter allein.

Dauer 12 Stunden. T 16—18° C.

R		A	Mittlere Länge mm
1	Phaseolus multiflorus	61,41	22
2	Pisum sativum	144,0	10
3	Triticum	108,6	38
4	Secale cereale	178,9	62
5	Hordeum	111,4	52
6	Avena sativa	158,8	65

Die gefundenen Werte erweisen die Atmungsgrösse der Stämme und Blattorgane als sehr gross gegenüber den Reservebehältern.

VI. Serie der Gasmessungen bei der Keimung.

Serie 57.

Pisum sativum. Samen, Kotyledonen, Keimwurzel.
Februar. Dauer 6 Stunden 10 Minuten. T 15—17° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
I	5 Samen mit allen Teilen	6,10	1,90	3,210	4,41	37,67
II	10 Kotyledonen allein . .	5,30	1,60	3,312	3,05	42,68
III	30 Keimwurzeln	0,85	0,10	8,500	2,26	33;42

VII. Serie der Gasmessungen bei der Keimung.

Serie 58.

Sämerei mit allen Teilen und Keimwurzel allein.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
	Dauer 6 Stunden 40 Minuten. T 14—17° C.					
4	Secale mit allen Teilen . . Wurzeln 15 mm, Stämme 8 bis 10 mm lang.	6,15	2,71	2,000	4,95	27,43
	Dauer 10 Stunden. T 14—17° C.					
1	Secale, Wurzeln allein . .	0,31	0,043	7,209	2,01	465,00

R. 45. — Zusammenstellung. Da, wie längst erwiesen ist, die verschiedenen Arten verschiedene Ansprüche an die Temperatur stellen, so muss das Fortschreiten der Keimung bei den gleichen hier angewendeten Temperaturen verschiedenen Erfolg haben. Einige Sämereien eilen vor, andere bleiben zurück. Immerhin muss es möglich sein, die Atmungsgrössen für die einzelnen Phasen der Entwicklung festzustellen. Es empfiehlt sich die Einzelpflanzen aufzuführen.

1. Phaseolus multiflorus zeigt in den aufeinanderfolgenden Zuständen die Werte für A von 7,59, 7,63, 15,78 für den Gesamtsamen mit allen Teilen. Die Kotyledonen zeigen für A 9,410,

die Keimstämme und Blätter 61,41. Der Maximalwert liegt in den immer noch sehr kleinen Keimstämmen.

2. Pisum sativum in den aufeinanderfolgenden Zuständen für den Samen die Werte für A: 7,37, 8,01, 36,89, für die Keimstämme allein 144, für die Kotyledonen 42,68, für die Keimwurzeln 33,42.

3. Triticum in den aufeinanderfolgenden Zuständen 7,75, 2,05, 47,13, die Frucht ohne die Keimteile 4,286, die Keimstämme und Blätter allein 108,6.

4. Secale ergiebt ebenso für A: 7,30, 10,2, für die Frucht ohne Keimteile 14,47, Keimstämme allein 178,9, in späterer Phase für die Frucht mit allen Teilen 27,43, für die Wurzeln allein 465,00.

5. Hordeum ergiebt ebenso: 1,64, 4,77, 33,16, die Frucht ohne Keimteile 4,265, die Keimstämme allein 111,4.

6. Avena ergiebt: 5,10, 4,40, 5,242, die Keimstämme allein 158,8.

Man erkennt, dass die Reservebehälter, mögen diese die Kotyledonen sein, so Pisum und Phaseolus, oder die Endosperme und Fruchtkörper, so die Cerealien, für die Atmung in schwache Mitleidenschaft gezogen werden, dass in dem Mass wie die Embryonalorgane sich strecken, die Atmungsgrösse wächst. Für die Keimstämme werden hohe, für die Keimwurzeln höchste Werte erreicht. (Man vgl. potenzielle Energie, weiter unten.)

3. Forstkeimpflanzen.

Auch das beste Material von Aussaatobjekten aus den Samenhandlungen zeigt für die erste Aufzucht grössere Schwierigkeiten in Hinsicht des gleichmässigen Fortschreitens der Entwicklung, auch das Keimprozent schwankt in weiten Grenzen.

Im lufttrockenen Zustand wiegen

50	Stück	Picea excelsa	Gramm	0,405
50	"	Pinus silvestris	"	0,350
50	"	Larix europaea	"	0,300
50	"	Abies pectinata	"	2,410
50	"	Alnus glutinosa	"	0,02
100	"	Betula alba	"	0,029
50	"	Fraxinus excelsior, Frucht . .	"	3,950

30 Stück Fraxinus excelsior, Same . . Gramm 1,600
10 „ Quercus pedunculata . . . . „ 31,720

Die ersten Keimphasen sind, soweit dies möglich, oben S. 175 untersucht. Hier folgt die Relation der einjährigen Pflanzen im März 1897 aus der Aussaat im Freiland vom Sommer 1896.

Serie 59.

Forstkeimpflanzen 1896 im März 1897.

Dauer 6 Stunden 20 Minuten. T $15{,}5-18{,}5^0$ C.

A. Die Wurzeln.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm³	A
1	2 Stck. Quercus pedunculata	6,40	3,20	2,000	1,51	7,46
2	2 „ Acer platanoïdes .	4,00	1,10	3,637	2,00	28,72
3	5 „ Picea excelsa . . .	0.40	0,12	3,334	1,27	167,2
4	5 „ Pinus silvestris . .	1,40	0,40	3,499	2,03	80,17
5	2 „ Fagus silvatica . .	2,90	1,90	1,526	1,21	10,06
6	5 „ Abies pectinata . .	0,60	0,12	5.00	1,23	161,90

Serie 60.

B. Die Stämmchen.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm³	A
	Dauer 10 Stunden 30 Minuten. T 15—18° C.					
1	2 Stck. Quercus pedunculata	1,20	0,61	1,967	4,21	3,34
2	2 „ Acer platanoïdes .	2,90	1,30	2,231	4,90	6,72
3	5 „ Picea excelsa m. Nadeln	0,70	0,31	8,710	0,72	22,55
4	5 „ Pinus silvestris . .	2,10	0,85	2,823	2,54	29,01
5	2 „ Fagus silvatica . .	2,30	1,30	1,769	0,40	2,98
6	5 „ Abies pectinata . .	0,80	0,32	2.500	0,95	29,14
	Dauer 24 Stunden. T 15—18° C.					
I	2 Stck. Alnus glutinosa Wurzel	0,55	0,12	4,583	2,14	74,30
II	2 „ „ „ Stämmchen	0,31	0,11	2,818	1,18	31,16

Serie 61.

Keimpflanzen.

R		$\frac{F}{T}$	A
	1. Mai. Dauer 9 Stunden 5 Minuten. T 16—17° C.		
5	Fagus silvatica, 3 Stck., Keimpfl., alle Teile	5,200	64,43
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 18—19° C.		
6	Fagus silvat., Keimaxen ohne Kotyledon.	3,417	23,15

Serie 62.

Fagus silvatica. Keimpflanze am 24. Mai. Dauer 2 Stunden 45 Minuten. T 17—17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Kotyledonen	3,10	1,05	2,952	40,18
II	Die ersten Laubblätter	1,95	0,55	3.545	83,79

R 46. — Bei allen ohne Ausnahme ist A für die Keimwurzeln höher wie für die Keimstämme. Extreme Fälle sind:

Alnus glutinosa	. . . . .	Wurzel	74,	Stamm	31.
Abies pectinata	. . . . .	„	161,	„	29.

Die ersten Laubblätter der Buche zeigen die doppelte Atmungsgrösse der Kotyledonen.

Die Kotyledonen der Buche zeigen die dreifache Atmungsgrösse der Keimaxe.

Im allgemeinen ist der Koeffizient $\frac{F}{T}$ bei den Wurzeln höher.

4. Rhizome, Wurzeln, Grünstämme und Blätter.

So sehr verschieden die biologischen Wesenheiten der Pflanzenteile sind, so zeigt sich doch eine Übereinstimmung mit den früheren Ergebnissen.

Serie 63.

Rhizome, Knollen, Rüben, Wurzeln und Grünstämme im Februar und März.

R		F/T	A
	Dauer 17 Stunden 30 Minuten. T 16—17° C.		
III	Dahliaknolle		1,049
	Dauer 11 Stunden 50 Minuten. T 16—17° C.		
2	Vaccinium Myrtillus, Rhizom	2,00	3,254
	Dauer 10 Stunden. T 16—17° C.		
5	Juncus conglomeratus, Rhizom	2,75	9,477
	Dauer 20 Stunden. T 16—17° C.		
6	Juncus conglomeratus, Grünstengel . . .	4,125	3,125
	Dauer 20 Stunden. T 15—18° C.		
I	Kartoffelknolle		14,81
II	Betarübe		31,06
	Dauer 10 Stunden 40 Minuten. T 14—16° C.		
4	Luzula max., überwinterte braune Blätter	2,963	0,811
	Dauer 7 Stunden 50 Minuten. T 13—16° C.		
5	Luzula max., Rhizom	4,444	11,140
6	„ „ überwinterte Grünblätter . .	2,960	7,310
	Dauer 11 Stunden 20 Minuten. T 13—16° C.		
4	Oxalis acetosella, Rhizom	3,546	14,20
6	„ „ überwinterte Blätter . .	5,715	20,81
	Dauer 11 Stunden 25 Minuten. T 14—16° C.		
3	Chrysosplenium alternifolium	9,601	61,70
	Dauer 16 Stunden. 15—16° C.		
4	Viola canina, Rhizom	3,125	17,73
5	„ „ , Wurzeln	3,666	17,08
6	„ „ , Blätter	4,134	66,16

R 47. — Wir betonen den grossen Aufwand der wasserreichen Beta mit 31,06, Kartoffel mit 14, Chryrosplenium mit dem Koeffizienten 9,6 und 61 Atmungsgrösse.

Die Übereinstimmung von Wurzel und Rhizom bei Viola im Gegensatz zu den Blättern mit der vierfachen Atmungsgrösse.

5. Knospen im Februar und März bis April und Mai.

(Zu vergleichen mit den Versuchen über potentielle Energie; s. weiter unten.

Genau dasselbe Interesse, welches die Keimknospe im Saatkorn beanspruchte, muss der Winterknospe zugewendet werden.

Serie 64.

Koniferenknospen im Februar. Dauer 20 Stunden. T 15—18° C.

R		A
1	Pinus silvestris	7,16
5	Pinus Strobus	14,17
6	Picea excelsa	11,87

R 48. — Im Februar ist der Maximalwert 14,17 gegen den Minimalwert von 11,87 für A gegenüber dem Wert von 76,88 am 30. April (Mai).

Serie 65.

Laubknospen im Februar. Dauer 18 Stunden. T 15—18° C.

R		A
1	Salix fragilis	15,14
3	Pyrus Malus	54,67
4	Sambucus nigra	44,34
5	Aesculus hippocastanum	18,65
6	Syringa vulgaris	38,35
1	Fagus silvatica	0,478
3	Carpinus betulus	5,16
4	Fraxinus excelsior	16,96
6	Quercus pedunculata	4,15

R 49. — Der Maximalwert bei den untersuchten Laubbäumen beträgt im Februar 54,67 (hier spielen bei Pyrus jedenfalls die Blütenknospen eine Rolle), Sambucus 44,34. Mittlere Maximale 18,65 gegenüber dem Minimalwert 0,478 bis 4,15.

Ganz andere Werte kommen schon am 17. März, wo soeben der Knospenkegel eine geringe Streckung vollzieht, bei Syringa eine mässige Chlorophyllbildung in den Knospenschuppen sich kenntlich macht.

Serie 66.

Knospen am 17. März bei beginnender Streckung.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
	Dauer 3 Stunden. T 16,5—18,5° C.					
4	22 Stck. Syringa vulgaris .	2,70	0,8	3,375	2,05	85,43
5	50 „ Ribes nigrum . .	1,55	0,4	3,875	1,40	116,60
	Dauer 11 Stunden. T 16—17° C.					
6	Carpinus betulus	1,45	0,55	2,636	2,44	40,33

R 50. — Für Carpinus ist jetzt die achtfache, für Syringa die doppelte Atmungsgrösse zu beobachten.

Die Stipeln und Knospenschuppen zeigen bei dem Öffnen der Knospen ein merkliches Intercalarwachstum an der Basis, diesem entspricht eine gesteigerte Atmungsgrösse:

Serie 67.

Knospenschuppen und Stipulae. Ende April.

R		$\frac{F}{T}$	A
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 17—18° C.		
1	Fagus silvatica, Knospenschuppen und Stipulae	2,440	1,02
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 18—19° C.		
I	Aesculus hippocastan., Knospenschuppen .	4,063	47,76

Kurz vor der Öffnung und in der ersten Phase der Streckung werden die Maximalwerte erreicht:

Serie 68.

Blattknospen kurz vor der Entfaltung.

R		$\frac{F}{T}$	A
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 15—16,5° C		
3	Fagus silvatica.	3,045	53,32
4	„ „ in der Streckung . . .	3,530	81,72
	30. April. Dauer 9 Stunden. T 17—17,5° C.		
4	Picea excelsa, sich streckende Knospen .	4,266	76,88

Alle und jede Phasenänderung, welche nunmehr folgt, gehört nicht mehr in diese Abteilung, da von nun ab die potentielle und aktuelle Energie des jungen Laubes zur Wirkung gelangt.

6. Zweige der Holzpflanzen vom Februar bis zur Kambialzeit und bis Oktober.

Die Wunden an abgeschnittenen Zweigen bewirken einen rascheren Gasaustausch und sie zeigen in den geringen, der Kontusion beim Schneiden unterlegenen Gewebepartieen jedenfalls die Atmung etwas gestört. Von drei nahezu gleich grossen Zweigabschnitten blieb der eine intakt, der andere wurde der Länge nach gehälftet, der dritte wurde ebenso geviertelt.

Serie 69.

Eschenzweig gehälftet, geviertelt. Dauer 22 Stunden. T 15—18° C.

R		A
I	Der Zweig intakt	17,84
II	„ „ gehälftet	19,87
III	„ „ geviertelt	25,33

R 51. — Die Verwundung der Zweige bewirkt für die Messung einen Fehler, welcher A grösser erscheinen lässt. An solchen Zweigabschnitten werden die Knospen und Nadeln vorsichtig entfernt. Der Natur der Translokation entsprechend, herrscht in der

Rinde ein grösserer Stoffwechsel wie im Holz. Rinde und Holz werden vorsichtig getrennt:

Serie 70.

Holz und Rinde vierjähriger Zweige.

Dauer 9 Stunden 30 Minuten.

R		A
1	Abies pectinata, Holz	4,56
2	„ „ Rinde	2,858
3	Pinus montana, Holz	2,680
4	„ „ Rinde	5,690
5	Larix leptolepis, Holz	3,052
6	„ „ Rinde	18,60

R 52. — Wenn von Abies als Ausnahme abgesehen wird, ist A für die Rinde merklich grösser.

Das Verhältnis Rindenvolum zu Holzvolum wird von Jahr zu Jahr, wegen des geringeren Rindenzuwachses, für die Rinde ungünstiger. Daher muss die Atmungsgrösse sonst intakter Cylinderabschnitte im Lauf der Jahre sinken:

Serie 71.

Entnadelte Zweige im Februar (zu vergleichen mit „Entnadelte Zweige zur Kambialzeit“). Dauer 23 Stunden. T 15—18° C.

R		A
I	Abies pectinata, 1jährig. Zweig .	12,05
II	„ „ 2 „ „	12,94
III	„ „ 3 „ „	8,23

R 53. — Der Maximalwert der Rindenatmung liegt im zweijährigen und ist merklich höher wie im dreijährigen Abschnitt.

Koniferenzweige haben eine höhere Atmungsgrösse wie Laubhölzer. Jeder Art muss eine spezifische Atmungsenergie zugesprochen werden.

Serie 72.

Koniferenzweige ohne Nadeln im Februar (zu vergleichen mit „Koniferenzweige ohne Nadeln zur Kambialzeit“). T 13—15° C.

R		A
1	Pinus silvestris	20,32
2	Taxus baccata	11,93
3	Larix europaea	6,36
4	Picea excelsa	5,50
5	Pinus Cembra	5,67
6	Abies pectinata	36,04

R 54. — Der Maximalwert von A für die Koniferenzweige im Februar ist 36,04, der Minimalwert 5,50.

Serie 73.

Laubholzzweige im Februar (zu vergleichen mit „Laubholzzweige zur Kambialzeit“). Dauer 17 Stunden. T 15—18° C.

R		A
1	Quercus pedunculata	5,262
2	Tilia grandifolia	5.828
3	Fagus silvatica	2,343
4	Fraxinus excelsior	3,779
5	Aesculus hippocast.	5,576
6	Carpinus betulus	8,026

Die spezifische Atmungsenergie verdeckt den geforderten Unterschied zwischen immergrünen und Peridermzweigen. In der nachfolgenden Bestimmung liegen immergrüne R 1—3, Peridermzweige R 4—6:

Serie 74.

Immergrüne Zweige und Peridermzweige im Februar.
Dauer 22 Stunden. T 15—18° C.

R		A
1	Ilex aquifolium	4,511
2	Nerium Oleander	9,319
3	Hedera Helix	13,38
4	Ampelopsis quinquefolia	6,04
5	Quercus pedunculata	2,24
6	Fraxinus excelsior	18,11

R 55. — Der Maximalwert von A für Laubholzzweige im Februar gehört der Esche mit 18,11, der Maximalwert der Buche mit 2,343 (s. Serie 73).

Serie 75.

Die laufendjährigen und die vorjährigen entblätterten Zweige zur Kambialzeit April, Mai. (Zu vergleichen mit den Winterserien.)

Serie 76.

Ulmus montana. 20. Mai. Versuchsdauer 7 Stunden. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Vorjährige Zweige	2,7	1,1	2,455	190,9
5	Diesjährige Zweige	1,73	0,27	6,406	116

Serie 77.

R		$\frac{F}{T}$	A
	30. April. Dauer 9,33 Stunden. T 17,5 ° C.		
5	Picea excelsa, der laufendjährige Zweig	7,233	116,5
6	„ „ „ vorjährige „	2,526	22,56
	1. Mai. Dauer 9,50 Stunden. T 16—17° C.		
3	Fagus silvatica, der laufendjährige Zweig	4,500	67,02
4	„ „ „ vorjährige „	2,117	10,83

R		$\frac{F}{T}$	A
	2. Mai. Dauer 10,5 Stunden. T 15—16° C.		
3	Carpinus betulus, d. laufendjährige Zweig	4,750	45,71
4	„ „ „ vorjährige „	2,563	12,02
	29. April. Dauer 5,66 Stunden. T 18,5° C.		
3	Acer platanoïdes, d. laufendjährige Zweig	5,641	79,50
5	„ „ „ vorjährige „	2,035	11,80
	1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 14—18° C.		
3	Quercus pedunculata, d. laufendjähr. Zweig	5,386	57,61
5	„ „ „ vorjährige „	2,333	9,215
	6. Mai. Dauer 4,33 Stunden. T 16° C.		
4	Abies pectinata, diesjähr. entnadelte Zweige	4,000	364,20
5	„ „ vorjähr. „ „	2,297	12,83

Serie 78.

9. Mai. Dauer 9 Stunden.

R		T	A
5	Salix fragilis, Rinde der vorjährigen Zweige	1,25	51,04
6	„ „ Holz „ „ „	2,7	14,38

Serie 79.

Entblätterte einjährige Zweige.

22. Oktober. Dauer 10 Stunden. T 17,5—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
1	Carpinus betulus	4,5	2,25	2,00	1,35	5,999
3	Quercus pedunculata . . .	4,4	2,00	2,20	2,06	10,30
4	Tilia parvifolia	4,6	2,00	2,30	1,48	7,401
5	Fagus silvatica	4,5	2,45	1,837	2,71	11,06

Diese Oktoberwerte von A sind zu dividiren in die entsprechenden des laufendjährigen Zweiges der Serie 77.

Es ergiebt Carpinus betulus . . . $\frac{45,71}{5,999}$ 7,619.

Quercus pedunculata . . $\frac{57,61}{10,30} = 5,724.$

Fagus silvatica . . . . $\frac{67,02}{11,06} = 6,059.$

R 56. — Die Oktoberwerte für A sind beträchtlich kleiner wie die Werte der Kambialzeit, aber merklich grösser wie die Februarwerte.

R 56 A. — Zusammenstellung für die Zweige:

a) Die Rindenatmung ist grösser wie die Atmung des Holzes.

b) Das Rindenvolum sinkt, oder besser: der Volumkoeffizient $\frac{Vh}{Vr}$, worin Vh das Holzvolum, Vr das Rindenvolum bedeutet, wächst mit der Zeit, jüngere Zweige müssen höhere Atmungswerte zeigen.

c) Die Verwundung bewirkt einen merklichen Fehler in der Beobachtung, welcher nicht ganz eliminirt werden kann.

d) Für den Februar kommt den Koniferen ein grösserer Wert für A zu gegenüber den Laubhölzern.

e) Die Rindenatmung erreicht bei Salix zur Kambialzeit im Mai den dreifachen Wert der Holzatmung. (Serie 78.)

f) Zur Kambialzeit ist die Zweigatmung erhöht. Der Zweig (aus dem Februar) erreicht diese Werte für $\frac{Ac}{Af}$, worin Ac die Atmungsgrösse für die Kambialzeit, Af die Atmungsgrösse für den Februar bedeuten:

Name der Pflanze	$\frac{Ac}{Af}$
Quercus pedunculata	$\frac{9,215}{5,262} = 1,747.$
Fagus silvatica	$\frac{10,830}{2,343} = 4,622.$
Carpinus betulus	$\frac{12,02}{8,026} = 1,497.$
Picea excelsa	$\frac{22,56}{5,50} = 4,102.$

g) Bis auf einen Fall (Serie 76) zeigen alle laufendjährigen Zweige im April und Mai ausserordentlich gesteigerte Atmung, be-

zogen auf die vorjährigen im Februar und im April und Mai. Die Werte der Koeffizienten $\frac{Al}{Av}$, worin Al die Atmungsgrösse des laufendjährigen, Av diejenige des vorjährigen Zweiges bedeuten, sind für Ende April-Mai belegen auf 6., 7., 8.

7. Das Laubblatt.

Der grössere Aufwand wird im grünen Laubblatt getrieben. Die Flächenwirkung für die Anstösse der Gasmolekeln hat hier ihr Maximum. Nur die Blütenblätter können in dieser Hinsicht überwiegen. Die Entfaltung der aktuellen Energie für das gegebene Organ ist grossartiger, wie in jedem andern. Es müssen nach den Erfahrungen aus den Serien 1—79 Extreme vorkommen, welche alle früheren verschatten. Die Volumvergrösserung der Blätter mag von dem Anlagezustand nach dem Endzustand sich verhalten wie 1 zu einer Million im äussern Extrem, Livistonia, Nymphaea, Viktoria u. s. f. Sie mag sein 1 : 1000 bis 1 : 100 000 bei den hier herangezogenen Untersuchungsobjekten. An die Spitze mögen die immergrünen Blätter im Februar gestellt werden.

Serie 80.

a) Blätter der Immergrünen im Februar und Mai.

R		A	
	Nadeln der Koniferen. Dauer 21 Stunden. T 15—18° C.		
1	Thuja occidentalis	19,19	N.-Am.
2	Taxus baccata	15,60	N.-Eu.
3	Picea excelsa	15,54	N.-Eu.
4	Abies pectinata	8,26	M.-Eu.
5	Pinus montana	10,20	M.-Eu.
6	Juniperus communis	26,50	N.-Eu.
	Dauer 24 Stunden. T 15—18° C.		
I	Nerium Oleander	10,30	Mittelmeergebiet.
II	Ilex aquifolium	13,88	M.-Eu.
III	Buxus sempervirens	10,36	N.-Afr.
II	Rochea falcata	20,45	Cap.

R		A	
	Dauer 29 Stunden. T 15—18° C.		
I	Laurus nobilis	11,80	Mittelmeergebiet.
II	Camellia japonica	5,06	Japan. China.
III	Nerium Oleander	10,75	Mittelmeergebiet.
	Dauer 8 und 16 Stunden. T 17—18° C.		
1	Dracaena indivisa	1,09	Brasilien.
2	Hyacinthus	15,63	Mittelmeergebiet.
4	Camellia japonica	15,90	China. Japan.
5	Yucca filamentosa	10,19	Florida.
6	Phyllodendron	8,035	Trop. Asien.

Serie 81.

Blätter der Immergrünen.

R		Dauer St. M.	T ° C.	A	
1	Mahonia aquifolium .	9 30	15—17,5	0	N.-Am.
4	Livistonia austral. .	17 —	16—17	0,81	S.-Austral.
5	Cycas revoluta . .	17 —	15—16	4,76	Japan.
2	Acacia longifolia . .	17 —	16—17	2,99	N.-S.-Wales.
II	Aucuba japonica . .	29 —	15—16	7,64	Japan.
6	Hedera Helix. . .	9 30	15—17	9,870	N.-Eu.
III	Hoya carnosa . . .	16 —	17—18	12,90	Indien.
I	Prunus Laurocerasus	7 —	16,5—17	16,55	Klein-As., Mittelm.
III	Evonymus japonicus.	9 30	15—17,5	17,71	Japan.
2	Myrtus communis .	9 30	15—17,5	22,62	Mittelmeergebiet.
4	Viburnum Tinus . .	17 —	15—16	25,95	Mittelmeergebiet.
I	Sedum acre . . .	18 —	16—17	27,32	N.-Eu.
3	Metrosideros . . .	9 30	15—17,5	29,70	Indien. Trop. As.
II	Ficus elastica . . .	7 45	17—18	25,57	Trop. As.
I	Agave americana .	7 45	16—18	48,40	Trop. Am.

R 57. — Die Koniferen der nordisch gemässigten Zone zeigen bei den Temperaturen von 15—18° C den Minimalwert Abies 8,26, den Maximalwert Juniperus 26,50. Die tropischen und suptropischen

immergrünen Laubhölzer (beziehentlich immergrünen Blattpflanzen) den Minimalwert Dracaena 1,09, Livistonia 0,81, Acacia 2,99, die Maximalwerte Ficus elastica 25, Agave 48.

Die des gemässigten Ostasien: Minimalwert Camellia 5—15, Maximalwert Evonymus 17.

Kleinasien und Mittelmeergebiet: Minimalwert Nerium, Buxus 10, Maximalwert Viburnum Tinus 25.

Das südlich gemässigte Nordamerika (Florida): Minimalwert bezw. Maximalwert Yucca 10 bezw. 19.

Die wenigen nordeuropäischen Immergrünen: Hedera 9,87, Ilex 13,88.

Die Immergrünen mit Ausnahme der Sukkulenten (Agave, Sedum, Rochea u. s. f.) zeigen geringsten Wassergehalt, geringe Atmungsgrösse. Von Interesse schien der Vergleich der jungen Blätter immergrüner Pflanzen im Mai mit den vorjährigen.

Serie 82.

Junge Blätter und vorjährige der Immergrünen.

R		$\frac{F}{T}$	A
	4. Mai. Dauer 10 Stunden. T 13—16° C.		
5	Mahonia aquifolium, junge Blätter . .	5,273	104,00
4	„ „ vorjährige Blätter .	2,160	18,52
	30. April. Dauer 9 Stunden 33 Minuten. T 17,5° C.		
3	Picea excelsa, junge Nadeln	6,295	69,85
3	„ „ vorjährige Nadeln . . .	2,154	9,234
	6. Mai. Dauer 9 Stunden. T 16° C.		
II	Buxus sempervirens, diesjährige Laubblätter	3,555	95,45
I	„ „ vorjährige „	2,400	19,08
	6. Mai. Dauer 4 Stunden 5 Minuten. T 16—17° C.		
II	Vinca minor, diesjährige Laubblätter .	4,982	143,2
I	„ „ vorjährige „ .	2,759	10,54
	6. Mai. Dauer 4 Stunden 33 Minuten. T 16—17° C.		
2	Abies pectinata, diesjährige Nadeln . .	4,257	88,82
3	„ „ vorjährige Nadeln . .	2,348	63,46

Serie 83.

Hedera Helix, junge und alte Blätter. 20. Mai. Dauer 8,5 Stunden. T 19⁰ C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Junge Blätter	1,10	0,24	4,583	62,75
3	Alte Blätter	1,40	0,501	2,795	23,48

R 58. — Für den Koeffizienten $\frac{F}{T}$ gilt für alte wasserarme und junge wasserreichere Blätter die Annäherung 2 : 4 bis 2 : 6. Für A aber ergeben sich die spezifischen Werte im Minimum:

$\frac{88}{63}$ Abies pectinata = 1,397, $\frac{143}{10}$ Vinca minor = 14,300.

Die Atmung ist somit bei dem Übergang aus dem Knospenzustand nach dem Endzustand ausserordentlich gesteigert gegenüber dem fertigen Zustand.

Am Schluss der Betrachtung der Immergrünen möge hier die Untersuchung einer Korrektion festgelegt werden, welche bei den Laubhölzern einen geringeren, bei den Nadelhölzern einen höheren Einfluss üben muss. Wenn in einem Organsystem, Zweig und Nadeln, der Zweig mit den Nadeln dem Atmungsversuch unterworfen wird, so können die Reservekörper des einen während des Versuchs den Verbrauch des andern Organes decken durch die Translokation. Diese ist unmöglich gemacht, wenn beide Organe getrennt untersucht werden:

Serie 84.

Die Nadeln mit dem Zweig, der Zweig allein, die Nadeln allein.

Taxus baccata. 17. Oktober. Dauer 15 Stunden. T 21⁰ C.

R			F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
3	Zweige m. d. Nadeln	Zw.	1,31	0,56	2,696	4,63	18,05
		Nad.	3,30	1,15			
			4,61	1,71			
4	Zweige allein		1,51	0,56	2,697	1,23	14,64
5	Nadeln allein		3,10	1,1	2,818	1,48	8,971

Auf nahezu das gleiche Trockengewicht vor der Zerlegung kommt somit die Atmungsgrösse 18,05, nach der Zerlegung dagegen 23,611. Nach den Resultaten in R_4 und R_5 müsste in R_3 gefunden werden aus den Gewichtsrelationen (unter 3 T):

für 0,3275 Trockengewicht der Zweige an Kohlensäure 4,795
„ 0,6725 „ „ Nadeln „ „ 6,032

für 1,000 gr Trockengewicht zusammen . . . . . 10,827.

In Wirklichkeit wurden beinahe 8 cm^3 mehr gefunden. Hieraus ist zu folgern:

R 59. — Machen in einem Organkomplex (Nadeln, Zweige) die Organe ungleichen Atmungsaufwand, so deckt die Translokation aus einem Organ nach dem andern den Aufwand und es wird die Atmungsgrösse des Komplexes grösser wie die Atmungsgrösse der beiden getrennten Organe.

b) Sommergrüne Laubblätter.

Es liegt in der Natur der Sache, dass der jüngste Zustand der Blätter schwer für unsere Untersuchung herangezogen und dass die gleiche Phase für verschiedene Spezies nicht vergleichsweise herausgegriffen werden kann. Wohl aber kann für eine und dieselbe Art die Mai-Phase mit der Juni-Phase, mit der Oktober-Phase verglichen werden.

Serie 85.

Junge Laubblätter im April—Mai.

R		$\frac{F}{T}$	A
	1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 16—17° C.		
6	Vaccinium Myrtillus	7,273	181,9
2	Fagus silvatica	4,167	71,06
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 18—19° C.		
III	Aesculus hippocastanum	4,914	114,7
	29. April. Dauer 5,66 Stunden. T 18,5° C.		
2	Acer platanoïdes	4,752	233,2
4	„ „ Blattstiele	7,450	93,54

R		$\frac{F}{A}$	A
	2. Mai. Dauer 10,5 Stunden. T 15—16° C.		
2	Carpinus betulus	3,400	43,81
	29. April. Dauer 6 Stunden. T 18,5° C.		
II	Ulmus montana	4,799	259,6
III	Tilia parvifolia	4,762	195,6
	4. Mai. Dauer 5 Stunden. T 15,5° C.		
6	Magnolia Yulan	6,400	81,61
	1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 14—18° C.		
2	Quercus pedunculata	4,048	60,87
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 17—18° C.		
6	Larix europaea	4,183	82,79

R. 60. — Der beobachtete Maximalwert für A von jugendlichen Normallaubblättern der Sommergrünen, also im Übergang aus der potentiellen in die aktuelle Energie: Ulmus montana 259. Der Minimalwert: Carpinus betulus 43,81. Minimal $\frac{F}{T}$: 4,048 Quercus; Maximal $\frac{F}{T}$ 7,450 Acer, Blattstiel.

Panachirte und rote Varietäten müssen gegenüber Normalgrünen Unterschiede ergeben:

Serie 86.

Junge panachirte und rote Laubblätter.

R		$\frac{F}{T}$	A
	3. Mai. Dauer 5,33 Stunden. T 15—18° C.		
I	Acer Pseudoplatanus, stark panachirt	9,462	140,00
II	„ „ schwach „	6,340	143,00
III	„ „ nicht „	4,743	150,2
	4. Mai. Dauer 10 Stunden. T 13—16° C.		
3	Fagus silvat., Variet. Blutbuche, rotes Laub	4,321	74,63
4	„ „ die grünen Blätter	4,500	77,67

R 61. — Die Normalgrünen zeigen für A 150, die stark Panachirten 140. Die Normalgrünen 77 gegenüber der Rotvarietät 74.

R 62. — Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ für Panachirte 9,4, für Normalgrüne 4,7, für Rotvarietät 4,321, für die Normalgrüne 4,500.

Nach einiger aber nicht vollendeter Erstarkung der Blätter vom 8. Mai wurde der Verlust der Turgeszenz herangezogen:

Serie 87.

Turgeszente und welke Blätter. 8. Mai. Dauer 5 Stunden. T 18–20° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
I	Aesculus hippocastanum, junges turgeszentes Blatt	5,184	166,6
II	Aesculus hippocastanum, durch Welken erschlafftes Blatt	4,999	169,2
III	Aesculus hippocastanum, durch Knittern erschlafftes Blatt	4,583	208,3

R 63. — Absoluter Turgorverlust steigert den Wert A von 166 auf 208.

Mitte Juni schon sind die Blätter einiger Rosskastanien vollkommen erstarkt.

Serie 88.

Laub nach der vollen Entfaltung.

19. Juni. Dauer 6 Stunden 10 Minuten. T 16,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Quercus pedunculata	2,3	0,96	2,395	46,89
2	Acer Pseudoplatanus	1,8	0,70	2,571	43,10
4	Carpinus betulus	2,25	0,90	2,500	29,84

R 64. — Im Juni liegt der Koeffizient $\frac{F}{T}$ bei 2,3—2,5. Der Minimalwert für A Carpinus betulus 29, der Maximalwert Quercus 46.

Ende Oktober, kurz vor dem Blattfall (1897 früher Blattfall):

Serie 89.

Laubblätter am 17. Oktober. Dauer 4 Stunden 40 Minuten. T 19—21° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
I	Fagus silvatica	5,0	2,25	2,222	6,87	65,52
II	Aesculus hippocastanum. .	4,9	1,61	3,044	6,49	86,50
III	Ulmus montana	5,2	2,21	1,663	7,14	69.33
3	Quercus pedunculata . . .	5,0	1,69	2,959	4,49	57,01
	Herbstrote und grüne Blätter von Ampelopsis quinquefolia am 17. Oktober. Dauer 4 Stunden 40 Minuten.					
4	Rote Blätter	5,2	1,01	5,148	3,04	66,09
5	Grüne Blätter	5,4	0,82	6,586	0,99	25,90

R 65. — Für den Koeffizienten $\frac{F}{T}$ im Oktober Ulmus montana 1,66, der Maximalwert Ampelopsis 6,58. Für A Minimalwert Ampelopsis grüne Blätter 25,90, der Maximalwert Aesculus 86.

R 66. — Die herbstroten Ampelopsisblätter für A 66, die grünen A 25.

R 67. — Zusammenstellung.

1. Die Atmung ist nach S 86, R 61 eine Chlorophyllfunktion.

2. Das absolute Maximum für A fällt in den frühen Zustand der Laubentfaltung, mit dem Fortschreiten dieser sinkt A.

	28. Apr.—2. Mai		Juni		Oktober	
	$\frac{F}{T}$	A	$\frac{F}{T}$	A	$\frac{F}{T}$	A
Carpinus betulus, 2. Mai .	3,40	43,81	2,50	29,84		
Quercus pedunculata . . .	4,408	60,75	2,395	46,89	2,959	57,01
Fagus silvatica	4,167	71,06			2,222	65,00
Aesculus hippocastan. . .	4,914	114,7			3,044	86,50
Acer platanoïdes, Pseudopl.	4,752	233,2	2,571	43,10		
Ulmus montana	4,799	259,6			1,663	69,33

3. Alle Juni- und Oktoberwerte für A sind niedriger wie die April-Maiwerte. Die Oktoberwerte sind etwas höher wie die Juniwerte (höhere Temperaturen im Versuchsraum).

4. Alle Oktoberwerte für $\frac{F}{T}$ sind niederer wie die April-Maiwerte.

c) Durch Insekten beeinflusste Blätter.

In diesen Messungen ist das Material geordnet nach der Grösse der krankhaften Umgestaltung der Laubblätter. Es sind zum Teil Frassobjekte, zum Teil Hypertrophieen infolge der Eingriffe von seiten der Insekten während ihrer Entwickelung. Der Fehler der Atmung des Insektes oder dessen Larve kann leider — dies liegt in der Natur der Sache — nicht eliminirt werden.

Serie 90.

Fagus silvatica, gesundes und orchesteskrankes Laub.

18. Juni. Dauer 6 Stunden 50 Minuten. T 15,5—16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Das gesunde Laub	2,5	0,96	2,604	16,69
4	Das kranke Laub	2,2	0,95	2,390	19,15

R 68. — A ist für das kranke Laub merklich grösser. Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ ist für das gesunde Laub grösser.

Serie 91.

Alnus glutinosa. 19. Juni. Dauer 3 Stunden 40 Minuten. T 16,5—16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Gesundes Laub	2,25	0,65	3,461	68,10
II	Phytocoptuslaub	1,35	0,42	3,215	40,99

R 69. — A ist für das kranke Laub merklich kleiner. Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ ist für das gesunde Laub grösser.

Serie 92.

Tilia grandifolia. 22. Mai. Dauer 3 Stunden. T 17—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Gesunde Blätter	1.50	0,45	3,334	115,5
II	Phytocoptusblätter, schwache Hypertrophie . . . . Atmung des Parasiten jedenfalls verschwindend.	2,25	0,65	3,461	107,2

R 70. — A ist für das kranke Laub merklich kleiner. (Deckt sich mit R 69.) $\frac{F}{T}$ ist für das kranke Laub grösser.

Serie 93.

Tilia grandifolia, Blatt gesund und mit Caecidomyengallen.

18. Mai. T 18,5—19,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
4	Gesundes Blatt.	0,301	0,052	5,789	26,58	153,8
5	Blattabschnitt mit 10 jungen roten Gallen	0,260	0,041	6,342	30,76	163,6

R 71. — A ist für die krankhafte Deformirung merklich grösser. $\frac{F}{T}$ ist für die Gallen grösser.

Serie 94.

Ribes nigrum (Aphis species). 1. Mai. Dauer 4,5 Stunden. T 15—16° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
II	Krankes Laub, Hypertrophieen	5,142	109,1
I	Gesundes Laub	4,363	96,16

R 72. — A ist für die krankhafte Hypertrophie merklich grösser. $\frac{F}{T}$ ist für das kranke Laub grösser.

Serie 95.

19. Mai. Versuchsdauer 6,5 Stunden. T 19—20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Prunus Padus, gesundes Blatt .	1,05	0,26	4,038	127,8
II	„ „ , lauskrankes Blatt	1,09	0,301	6,313	160,4

R 73. — A ist für die krankhafte Deformirung erheblich grösser. $\frac{F}{T}$ ist für das kranke Laub erheblich grösser.

Serie 96.

Cynips, Terminalgallen. Quercus sessiliflora, 2—3 cm im Durchmesser.

20. Mai. Versuchsdauer 40 Minuten. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Zwei Eichengallen, intakt . . .	3,4	0,5	6,8	378,7
II	„ „ zerschnitten .	4,4	0,5	7,33	436,8

R 74. — Keiner der Werte für A bei der Eiche erreicht die hier vorliegenden. Der Maximalwert für das junge Blatt ist nach Serie 85 gleich 60,87. $\frac{F}{T}$ ist für die Deformirung erheblich grösser wie für die normalen Blätter der Eiche: Mai 4,048, Juni 2,395.

Serie 97.

Chermes abietis. Picea excelsa. 18. Juni. Versuchsdauer 5,25 Stunden. T 18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	10 mm grosse Knospendeformirg.	4,2	1,10	3,818	28,39
II	Vorjährige gesunde Nadeltriebe	1,55	0,65	2,384	15,82
III	Diesjährige „ „	1,40	0,40	3,499	18,09

R 75. — A ist für die krankhafte Deformirung erheblich grösser wie für diesjährige und vorjährige gesunde Nadeltriebe. $\frac{F}{T}$ ist für die Deformirung grösser wie für die Normaltriebe.

R 76. — Zusammenstellung: In den Hypertrophieen ist in den gegebenen Phasen der Koeffizient $\frac{F}{T}$ in 5 Fällen (unter 9 Fällen) grösser wie im gesunden Laub.

A ist in 7 Fällen merklich bis ganz erheblich grösser für die erkrankten Organe gegenüber den normalen.

Man wird hieraus mit Sicherheit schliessen dürfen, namentlich mit Hinsicht auf Serie 96, dass Hypertrophieen unter ausserordentlich grossem Atmungsaufwand vollführt werden, im Vergleich zu den Pilzen somit (s. oben Serie 24—40):

In fast allen Fällen kommt durch den Pilzeingriff die Atmungsgrösse des Pilzgastes und unter Umständen die durch Hypertrophieen gesteigerte Atmung des Wirtes in A zum Ausdruck.

In fast allen Fällen kommt bei der durch Insekten veranlassten Hypertrophie des Wirtes die dieser Hypertrophie entsprechende gesteigerte Atmung des Wirtes in A zum Ausdruck.

Vorgreifend in ein zweites Gebiet, die Verwesung, möge hier eine Versuchsserie Platz finden:

Serie 98.

Buchenlaubstreu, sterilisirt in Äther und Alkohol.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	Dauer 50 Stunden 20 Minuten. T 20° C.				
I	Die Streu trocken	16,00	3,20	5,00	0,1118
	Dauer 51 Stunden. T 20° C.				
II	Die Streu mit sterilisirtem Wasser benetzt.	16,00	3,20	5,00	4,681

R 77. — Die Streu zeigt im sterilisirten und im trockenen Zustand eine verschwindende, im sterilisirten aber nassen Zustand eine ganz merkliche Kohlensäureausscheidung. Eichenlaubstreu, im März untersucht, ergiebt für A den Wert 11,01.

Serie 99.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
III	Schwarze Hochwalderde . . .	11,20	5,00	2,240	3,169
II	Ackererde (Neuhaus)	14,7	12,10	1,213	0,103
I	Vermorschte Eisenbahnschwelle, Eiche	4,4	1,9	2,317	0,8296

R 78. — Im nicht sterilisirten Zustand ist die Kohlensäureausscheidung schwarzer Hochwalderde beträchtlich zu nennen gegenüber der Ackererde und gegenüber einer vermorschenden Eisenbahnschwelle aus Eichenholz.

Von einem Mitglied der Limes-Kommission wurden hierher Holzbruchstücke aus dem Pfahlgraben im Nassauischen eingesandt. Die Bestimmung der Hölzer ergab: Alnus, Quercus, Corylus, Carpinus. Die Kohlensäuremengen:

Serie 100.

Pfahlgrabenhölzer Carpinus, Quercus, Corylus.

8. Juli. Dauer 24 Stunden. Temperatur 18—20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Die Holzstückchen im nassen Zustand	10	5,2	1,923	1,561

Nachdem die vorstehende Bestimmung ausgeführt war, wurden die Holzstücke im Wasserbad getrocknet, mit Äther 1/3, Alkohol 2/3 benetzt, im Wasserbad getrocknet, sodann mit sterilisirtem Wasser benetzt und von neuem in die Rezipienten gegeben. Der Rechnungsbeleg möge hier folgen:

Zeit	Temp.	Barometerstand	Spiegeldifferenz
Freitag, 9. Juli nachm. 3 Uhr	19,2	755,5	+ 3 .
Donnerst., 15. Juli vorm. 9 Uhr	19,5	750,0	— 9

Hieraus:

	Anfangsvolum, A	Endvolum, E
lg V	2,0170	2,0170
lg P	0,8800	0,8802
	2,8970	2,8972
lg 1 + α t	0,0995	0,0299
	2,8675	2,8673.

Die Differenz E-A = 0,03 für 6 Tage somit gleich Null.

R 79. — Nicht sterilisirte Pfahlgrabenhölzer machen im nassen Zustand einen kleinen aber merklichen Aufwand von Kohlensäure. Im sterilisirten Zustand ist diese Ausscheidung fast gleich Null.

8. Blütenknospen und Blüten.

Die Atmungsgrösse schwankt hier in den weitesten Grenzen, je nach der Phase, in welcher die Blütenknospe steht und je nach der Speziesenergie. Auch kann die Laubknospe im Frühling, dafern sie in ihrem Innern die Evolution früher vorbereitet, wie die Blütenknospe höhere Werte der Atmungsgrösse aufweisen. Im allgemeinen ist die Phase entscheidend.

Der Phasenunterschied der Blüten einer Art durch mikroskopische Untersuchung festzustellen ist nicht zu ermöglichen gewesen. Es ist daher bei Vergleichen auf das Datum Gewicht zu legen.

a) Kleinblütige (Kätzchenblüten).

Serie 101.

Männliche Kätzchen. Ende Februar im Vergleich mit den Laubknospen. Dauer 3 – 8 Stunden. T 14 – 18° C.

	A
Alnus viridis, Kätzchen	7,459
„ „ Laubknospen	9,05
Corylus Avellana, Kätzchen	54,49
„ „ Laubknospen	24,02
Betula alba, Kätzchen	2,463
„ „ Laubknospen	7,767

R 80. — Der Maximalwert für A gehört den Kätzchen von Corylus, 54 gegenüber 24 für die Laubknospen. Minimalwert der Birke mit 2,46 gegenüber 7,76 für die Laubknospen. Im zeitigen Frühling kann A für die Laubknospen höhere Werte haben gegenüber den Blütenkätzchen und umgekehrt. Es hängt dies ab von dem spezifischen Phasenwechsel der Organkomplexe und Organe.

Serie 102.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
	12. März. Dauer 11 Stunden. T 16—17° C.					
1	Salix cinerea, männliche .	2,21	0,50	4,42	0,51	9,27
	4. Mai.					
6	Populus tremula, jung. Frücht.			3,334		47,12
	1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 14—18° C.					
4	Quercus pedunculata, männl.			4,918		95,83
	1. Mai. Dauer 4 Stunden. T 15,5° C.					
III	Luzula campestris . . .			4,509		153,1

R 81. — Der Maximalwert für A bei Luzula 153.

b) Die Abietineen.

Der Phasenwechsel der Männlichen fällt zeitlich nicht mit dem Phasenwechsel der Weiblichen zusammen. Wie in der Natur der Sache liegt, haben die Messungen nur Bedeutung als spezifische Angaben im Vergleich zu den früher betrachteten vegetativen Teilen.

Serie 103.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
	12. März. Dauer 10 Stunden. T 16,5—18,5° C.					
2	Pinus montana, weibliche Zapfen aus dem vorigen Jahre	5,70	2,30	2,778	1,73	25,07
	20. Mai. Dauer 40 Minuten. T 20° C.					
III	Pinus silvestris, männl. Blüten	2,8	0,72	3,890		231,8

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm³	A
	29. Mai. Dauer 11 Stunden. T 16,5–18,5° C.					
2	Pinus silvestris, weibl. Blüten	3,05	0,071	4,351		91,03
	1. Mai. Dauer 4,75 Stunden. T 16,5° C.					
I	Picea exelsa, männl. Blüten			3,922		95,88
	1. Mai. Dauer 4,75 Stunden. T 16,5° C.					
II	Picea excelsa, weibl. Blüten			4,354		146,0

R 82. — Maximalwert der männlichen Blüten 231 (Pinus), der weiblichen 146 (Picea) gegenüber dem Maximalwert der vegetativen Organe mit 167 für die Keimwurzel (s. oben).

c) Grossblütige Pflanzen.

Hier gilt dasselbe: die Phase entscheidet. In einem Organkomplex wie der Blütenstand ist, kann im gegebenen Zeitpunkt ein Organ, welches später das absolute Maximum für A aufweist, im Minimum für A stehen, z. B.:

Bei Convallaria war in der gegebenen Phase die Blütenstandsaxe (Stengel) noch in der Streckung, die Blätter waren ausgewachsen, die Blüten im Knospenzustand.

Serie 104.

Cavallaria majalis. März. Dauer 15 Stunden. T 13—15° C.

R		F	T	$\frac{T}{F}$	A
6	Stengel	1,70	0,15	1,157	35,88
2	Laubblätter	1,25	0,14	8,92	43,52
3	Hochblätter	0,36	0,05	7,209	11,33
4	Blütenknospen	0,30	0,015	20,00	31,56

R 83. — Die Maximalwerte kommen dem Stengel und den Laubblättern, die Minimalwerte den Hochblättern und Blütenknospen zu.

Ganz anders gestaltet sich das Verhältnis zur Zeit der Blüte für Helleborus im Februar, Hyacinthus im März. Die Relationen für das Frischgewicht der Blütenteile von Helleborus niger sind:

Vier Stück intakte Blüten . . .	Gramm	2,60
Antheren aus 12 Blüten	„	2,25
Karpelle „ 12 „	„	1;25

Serie 105.

Helleborus niger. Februar. Dauer 5 Stunden 50 Minuten. T 15—18,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Intakte Blüte, 4 Stück . . .	2,60	0.60	4,333	117.4
II	Antheren aus 12 Blüten . . .	2,25	0,51	4,412	139.90
III	Karpelle „ 12 „ . . .	1,85	0.31	5,968	128,30
1	Korolle allein, 5 Blüten . . .	3,4	0,55	6,181	137,20

R 84. — Der Maximalwert für A kommt dem männlichen Sexualorgan zu. Die Korolle überwiegt die Karpelle.

Serie 106.

Hyacinthus. März. T 17—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
III	Korolle aus 30 Blüten . . .	5,80	0,75	7,732	157,00
II	Karpelle „ 30 „ . . .	0,70	0,21	3,334	84,98
I	Antheren „ 30 „ . . .	0,16	0,05	3,200	82,00
II	Junge Frucht, kurz nach dem Abblühen	2,60	0,21	1,238	85,04

R 85. — Auch hier überwiegt das männliche Sexualorgan: das absolute Maximum gehört der Korolle.

Serie 107.

Magnolia Yulan. 4. Mai. Dauer 5 Stunden. T 15,5 C.

R		$\frac{F}{T}$	A
I	Korolle	11,11	226,7
4	Antheren aus 3 Blüten	6,50	22,00
5	Karpelle	8,273	100,00

R 86. — Hier gehört das Maximum für A den Karpellen gegenüber den Antheren. Das absolute Maximum, wie vorher, kommt der Korolle zu.

9. Von der Blütenknospe bis zur Frucht und dem Samen.

Bei dieser Evolution liegt, wenn die Versuchsreihe bis nahe zu der Frucht und Samenreife durchgeführt wird, der Minimalwert am Schluss. Alle Früchte und Samen lassen mit dem Heranreifen zuletzt ihre Atmungsgrösse sinken. Die Kenntnis der speziellen Embryologie muss hier selbstredend vorausgesetzt werden. Das Versuchsmaterial ist von dem unvollkommeneren zu den vollkommeneren Versuchsserien fortschreitend geordnet.

Serie 108.

Acer, Blütenknospe bis Frucht.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
	März. Dauer 11 Stunden. T 16–17° C.					
3	Acer rubrum, Blütenknospen	0,90	0,26	3,461	2,52	88,10
	24. Mai. Dauer 2 Stunden. T 18–20° C.					
I	Acer platanoïdes, junge Früchte	4,2	0,82	5,122		140,9

R 87. — Maximalwert lange vor der Reife am 24. Mai 140,9. Mitte März bis 24. Mai. Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ wächst.

Serie 109.

Sambucus racemosa.

R		$\frac{F}{T}$	A
	März. Dauer 4 Stunden 50 Minuten. T 15–16° C.		
3	Blütenknospen	3,50	73,36
	6. Mai. Dauer 4 Stunden 33 Minuten. U 17° C.		
6	Junge Früchte	7,382	159,5

R 88. — Maximalwert für A 159,5. Periode März bis 6. Mai. Der Koeffizient $\frac{F}{T}$ wächst.

Serie 110.

Secale cereale.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	18. Juni. Dauer 2 Stunden. T 15,5–16° C.				
2	Zwei Ähren kurz nach der Blüte	4,80	1,42	3,380	28,32
	28. Juni. Dauer 5 Stunden 20 Minuten. T 22° C.				
I	Drei Ähren, das Korn 8 mm lang	4,95	1,85	2,543	58,69
	7. Juli. Dauer 3 Stunden. T 18–19° C.				
3	Zwei Ähren, das Korn 8 mm lang	5,01	2,10	2,385	23,85

R 89. — A hat ein absolutes Maximum in der zweiten Bestimmung 58,69, von welchem ab A bis 23,85 sinkt. $\frac{F}{T}$ sinkt vom Anfang bis zum Ende (Natur der Embryologie).

Serie 111.

Ulmus montana. Früchte und Blätter.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	29. April. Dauer 6 Stunden. T 18,5° C.				
I	Junge Früchte			7,204	111,90
	20. Mai. Dauer 7 Stunden. T 19° C.				
2	Junge Früchte	1,52	0,20	7,609	104,30
2	Blätter	2,05	0,46	4,457	103,00

R 90. — A sinkt vom 29. April bis zum 20. Mai. $\frac{F}{T}$ wächst der Natur der Embryologie entsprechend. Die Blätter und fast ausgewachsene Früchte zeigen fast gleiche Atmungsgrösse, bei ganz verschiedenem Wert für $\frac{F}{T}$ (zufällige Koinzidenz.)

Serie 112.

Fraxinus excelsior.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	22. Mai. Dauer 8 Stunden 30 Minuten. T 17–19° C.				
I	Junge Früchte, nach dem Abblühen	3,40	0,75	4,533	140,4

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	18. Juni. Dauer 2,40 Stunden. T 15,5–16° C.				
5	Junge Früchte	4,40	1,30	3,386	25,16
	7. Juli. Dauer 4 Stunden. T 18—19° C.				
1	Same, fertiges Endosperm . .	2,07	0,50	5,400	184,0
6	Die Frucht ohne die Samen .	2,90	0,85	3,412	35,85

R 91. — Die Esche hat 2 Maxima, welche nicht befremden dürfen. Das erste Maximum 140 entsteht kurz nach dem Sexualakt, sodann streckt sich das Karpid und zeigt später ein Minimum, weil die Streckung der Samenknospe und deren Endospermbildung sehr viel später eintreten und das zweite Maximum 184 für A herbeiführen. Es kommt in der vorliegenden Reihe zur Konvergenz nach dem letzten absoluten Minimum, hier mit 35,85 für die Fruchtschale vor der Samenreife.

Serie 113.

Pisum sativum. 7. Juli. Dauer 4 Stunden. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Schoten ohne Samen	12,2	1,50	8,134	40,66
4	Die reifen Samen	12,80	3,20	4,000	24,63

R 92. — Die Früherbse zeigte reife Samen mit kleinerem Wert für A gegenüber den Schoten. Der Wert $\frac{F}{T}$ ist für die Schoten doppelt so gross als für die reifen Samen.

Serie 114.

Prunus avium.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	28. April. 9 Stunden. T 17—18° C.				
III	Blüte			4,827	153,3
	6. Mai.				
5	Abgeblüht, junge Früchte . .			4,903	122,90

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	20. Mai. Dauer 6,5 Stunden. T 18—20° C.				
I	Junge Früchte, Endospermgallert	5,10	0,65	7,847	135,8
	26. Mai. T 16,5° C.				
I	Junge Frucht	4,00	0,65	6,155	90,42
	16. Juni. T 19—20° C.				
II	Junge Frucht, erhärteter Stein .	6,60	1,84	3,66	55,16
	7. Juli. T 18—19° C.				
II	Drei reife Kirschen	14,00	3,20	5,508	6,539

R 93. — Ganz genau der speziellen Embryologie der Kirsche entsprechend, kommen zwei Maxima für A vor. Das erste Maximum 153,3 gehört der offenen Blüte, ein Minimum 122 entsteht nach dem Abblühen, ein zweites Maximum während des Heranwachsens der jungen Frucht; Bildung der Endospermgallert und Anlegung des Keimlings 135. Von nun ab mit dem Erhärten des Steines, mit dem Heranwachsen des Keimlings, der Resorption des Endosperms kontinuirliches Sinken der Werte für A bis zum Minimum 6,5 zur Zeit der Kirschenreife. (7. Juli.) Ähnliche Periode zeigt der Wert $\frac{F}{T}$ wie es gefordert werden muss nach der Karpologie der Kirsche.

Serie 115.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	4. Mai. Dauer 5 Stunden. T 15,5° C.				
III	Ribes aureum, Blüte			6,566	200,8
	1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 14—18° C.				
II	Ribes nigrum, 20 Blüten . . .			9,545	111,1
	1. Mai. Dauer 9 Stunden. T 18° C.				
I	Ribes nigrum, 14 junge Früchte			8,547	70,8
	26. Mai. Dauer 1 Stunde 40 Minuten.				
III	Ribes nigrum, junge Frucht . .	3,15	0,601	5,241	60,15
	16. Juni. Dauer 1 Stunde 40 Minuten.				
III	Ribus nigrum	8,60	1,20	7,166	20,09

R 94. — Ein einziges Maximum 200 in der Blüte und stetes Sinken bis zum Minimum 20,09 in der Zeitnähe der Fruchtreife (16. Juni). $\frac{F}{T}$ hat der Karpologie entsprechend zwei Maxima.

Serie 116.

Pirus Malus und Pirus communis.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 17—18° C.				
5	Pirus Malus, Blütenknospen . .			5,572	125,07
	1. Mai. Dauer 4 Stunden 30 Minuten. T 15—16° C.				
III	Pirus Malus, Blüte			5,960	123,05
	„ „ soeben abgeblüht .	2,5	0,55	4,545	151,1
	6. Mai. Dauer 4 Stunden. T 15—16° C.				
2	Pirus communis, junge Frucht .			3,943	93,54
	26. Mai. T 16,5° C.				
II	Pirus Malus, junge Frucht . .	2,65	0,71	3,785	102,40
	15. Juni. T 17° C.				
I	Pirus Malus, junge Frucht . .	7,50	1,25	6,001	87,38
	7. Juli. T 18—19° C.				
III	Pirus Malus, junge Frucht . .	12,5	1,40	8,930	75,11
	T 15—18° C.				
III	Pirus Malus, reifer Apfel im Febr.		1,40		13,43

R 95. — Mit Bestimmtheit können hier drei Maxima, welche mit der speziellen Embryologie nicht im Widerspruch stehen, definirt werden. Der Wert $\frac{F}{T}$ hat im Beginn ein Maximum und strebt am Schluss der Entwicklung, der saftigen Frucht entsprechend, dem zweiten zu.

Serie 117.

Aesculus hippocastanum.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	28. April. Dauer 9 Stunden. T 18—19° C.				
II	Blütenknospe, 3—5 mm gross .			4,063	151,4

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	8. Mai. Dauer 5 Stunden. T 18—20° C.				
2	Blütenknospen			6,524	149,6
	18. Mai.				
2	Blütenknospen kurz vor dem Aufblühen	3,05	0,462	6,198	151,9
3	Blüte vor dem Stäuben . . .	1,95	0,26	7,499	111,9
	22. Mai.				
I	Die Blüte kurz nach dem Stäuben	1,50	0,30	5,00	129,1
II	Das Gynaeceum allein aus dieser Blüte	2 90	0,55	5,272	191,4
	27. Mai. Dauer 1 Stunde. T 17° C.				
I	Junge Früchte, 12 mm gross .	14,4	2,6	5,538	222,7
	19. Juni. Dauer 2 Stunden. T 16,5—16,7° C.				
III	Junge Früchte	11,90	2,30	5,174	46,52
	7. Juli. Dauer 1 Stunde. T 18—19° C.				
III	Junge Früchte	16,6	2,70	6,148	59,26

R 96. — Ein Maximum für A liegt in der Blütenknospe, ein zweites im Karpell nach der Blüte mit 222: von da ab bis 7. Juli ein Minimum und das Zustreben nach einem dritten Maximum, welches der Embryobildung entspricht. Der Wert $\frac{F}{T}$ weist zwei Maxima und das Zustreben zum dritten nach.

Generalübersicht. — Die Phanerogamen. — Einer jeden Pflanze kommt eine bestimmte Energiegrösse der Evolution zu, welche in der Massenbewegung einerseits, in der Atmungsgrösse andererseits bemessen werden kann. Von der Aussaat beginnend, wächst A mit der soeben beginnenden Keimung. Von den Keimorganen weist die Keimwurzel den grössten Wert für A auf, dem Keimstamm kommt ein kleinerer, den Reservebehältern (Endosperm, Kotyledonen) ein kleinster Wert zu. In der Keimphase bis zur vollen Entfaltung der Embryonalorgane liegt das erste Maximum der durch A gemessenen Energie. Für die Winterruhe kommen für Zweige (Holz und Rinde), Knospen, Wurzeln, absolute Minimalwerte für A, Minimalwerte auch den immergrünen Blättern im

Winter zu. Mit dem blossen Erwachen kambialer Thätigkeit in den Zweigen wächst A. Mit der ersten Streckung der Interfolien in den Knospen tritt das zweite absolute Maximum für A ein. Für die Laubblätter der immergrünen und sommergrünen liegt das Maximum im Beginn der Entfaltung. A sinkt im Sommer nach voller Entfaltung und wächst wenig bis Oktober-November vor dem Blattfall. Das dritte Maximum gehört der Blüte, in Schwebungen Maxima, Minima-Maxima, Minima, aber durchaus abhängig von den verwickelten Vorgängen im Innern der Früchte und Samen, sinkt A bis zum absoluten Minimum, welches Null wird während und nach der Samenreife, also während der Periode der Ruhe.

Jeder Pilzeingriff in der Entwickelung steigert A für die befallenen Organe des Wirtes. Durch Insekten erzeugte Hypertrophieen zeigen ebenso höhere Werte für A. Hier kann nicht immer entschieden werden, ob die Atmung des Parasiten oder die Energie der Hypertrophie das Steigen des Wertes A bewirken.

10. Phanerogamen-Parasiten und Bleichlinge.

Die chlorophylllosen, nicht- oder fakultativ-parasitären Pflanzen zeigen, dass auch bei chlorophylllosen Phanerogamen grosse, kleine und Mittelwerte für A auftreten, je nach den Organen und der Rassenenergie.

Serie 118.

Monotropa hypopitys. 10. Juli. Dauer 4—6 Stunden. T 18,2° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Stengel und Infloreszenz, umgekehrt im Lot . . . . ↓	3,72	0,51	7,293	30,39
4	Infloreszenz allein, aufrecht im Lot . . . . ↑	3,70	0,52	7,115	35,89
5	Stengel ohne Infloreszenz, aufrecht im Lot . . . . . ↑	8,50	0,90	9,445	17,22
	Für R 2 und R 4 die Umkehrung.				
2	Stengel und Infloreszenz, aufrecht im Lot . . . . . ↑				26,00
4	Infloreszenz, umgekehrt im Lot ↓				34,01

R 97. — Die bleichbeblätterten farblosen Stengel zeigen nur 27,22 für A. Der Infloreszenz kommt der Maximalwert zu mit 34,01. Leider war es nicht zu ermöglichen, die Pflanze vor der Beugung der Infloreszenz zu untersuchen. Bei aufrechter Stellung des Stengels hängt der Blütenstand um 180° über, so dass die Scheitel der Blüten erdwärts orientirt sind. Wird die Infloreszenz abgeschnitten aufrecht ins Lot orientirt, so zeigt sie einen etwas höheren Wert für A gegenüber der umgekehrten Lage. Der Beweis für die Richtigkeit der Beobachtung ergiebt sich aus dem anderen Differenzversuch: Wird das System (Stengel und Infloreszenz in Verbindung), also das intakte Organsystem, umgekehrt, so dass die Stengelbasis zenithwärts liegt, so stehen die Blüten mit ihrem Scheitel zenithwärts und es ergiebt sich für A der Wert von 30,39. — Steht dasselbe System aufrecht, so stehen die Scheitel der Blüten erdwärts und es wird für A der Wert von 26,00 erhalten.

Diese Wahrnehmung bildet den Übergang zu den Beobachtungen über potenzielle und aktuelle Energie im Abschnitt C dieser Abhandlung.

Serie 119.

Neottia nidus avis. 28. Mai. Dauer 2,83 Stunden. T 16—17° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Rhizom	5,15	1,9	2,711	37,18
II	Blütenstengel	5,70	0,58	9,828	80,20
III	Blüten	1,60	0,24	6,667	106,0

R 98. — Bei diesem Bleichling kommt dem Rhizom der beträchtliche Minimalwert 37 zu. Die Blüten zeigen den beträchtlichen Maximalwert 106.

Serie 120.

Viscum album. 20. Mai. Versuchsdauer 2 Stunden 50 Minuten. T 18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Junge Blätter.	1,5	0,54	2,777	43,83
II	Vorjährige Zweige	4,25	1,60	2,657	12,97
III	Vorjährige Blätter	8,35	2,35	3,553	12,19

R 99. — Der Baumparasit zeigt den Maximalwert für junge Blätter von 43,83. Der Wert $\frac{F}{T}$ steigt von den jungen nach den alten Blättern.

R 99 A. — Die Maximalwerte von $\frac{F}{T}$ der Bleichlinge sind hoch: 9,45; 9,828.

Serie 121.

Cuscuta europaea auf Artemisia, Galium, Urtica.

21. Juni. T 15—16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Die Stämme vor dem Schlingen und nichtschlingende Stämme	4,00	0,523	7,649	109,1
II	Die Stämme während d. Schlingens	0,74	0,15	4,933	55,31
III	Haustorien vor der Verbindung mit dem Wirt	1,01	0,225	4,386	93,46
5	Haustorien nach der Verbindung mit dem Wirt	0,71	0,15	4,734	45,74

R 100. — Dieser Parasit fordert zur Definition der Phasen heraus: Zuerst nutiren die nichtschlingenden, bleichen Stämme. In dieser Phase ist A im Maximum 109. Wenig später umschlingen dieselben den Wirt (Urtica, Artemisia u. a.), damit sinkt A auf 55. Die Haustorien entstehen während oder kurz vor dem Schlingen und zeigen den Maximalwert für A 93 vor der Verbindung mit dem Wirt; nach derselben sinkt A auf 45. Somit ergeben sich vier beachtenswerte Phasen (Gegenstand der Untersuchung für die Schlingpflanzen im Abschnitt C dieser Abhandlung).

11. Wasserpflanzen.

Die grossen luftführenden Intercellularräume, geringe Mächtigkeit der Fibrovasalia, Chlorophyllfunktion im Stamm geben den wasserbewohnenden Phanerogamen histiologisch ein bestimmtes Gepräge.

A. Die Blätter fehlen, der Stamm übernimmt die Blattfunktion.

Serie 122.

Dauer 3 Stunden 50 Minuten. T $16{,}5^0$ C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Lemna minor	6,5	0,35	18,57	72,18

R 101. — Der phyllomartige Stamm von Lemna hat einen hohen Wert für A 72, höher wie alle Stämme der Landpflanzen und die Mehrzahl der ausgewachsenen Blätter von Landpflanzen.

B. Die Blätter sind vorhanden, haben geringen Wert für A.

Serie 123.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	Polygonum natans. 19. Juni. Dauer 1 Stunde 10 Minuten. T 16^0 C.				
I	Die Blätter	6,5	1,80	3,611	100,1
II	Die Stengel	4,8	0,70	6,857	103,5
	Veronica Beccabunga. 29. Mai. Dauer 6 Stunden. T 18 – $18{,}5^0$ C.				
4	Die Stämme	5,4	0,36	15,00	38,90
5	Die Blätter	2,8	0,32	8,752	36,46

R 102. — Die Blätter haben einen Wert für A Maximal 100, Minimal 36, beide niederer wie dieselben Werte für die Stämme.

C. Die Blätter sind vorhanden und zeigen hohe Werte für A.

Serie 124.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	Ranunculus fluitans. 19. Juni. Dauer 9 Stunden 45 Minuten. T 15–16^0 C.				
I	Stengel	3,8	0,5	7,60	11,28
II	Blätter	4,53	0,42	10,78	91,01

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	Alisma Plantago. 19. Juni. Dauer 1 Stunde 10 Minuten. T 16° C.				
III	Die Blätter	4,5	0,65	6,923	90,18
2	Rhizom und Wurzeln	2,96	0,30	9,868	47,30
	Myriophyllum verticillatum. 19. Juni. Dauer 10 Stunden 30 Minuten. T 15—16° C.				
4	Die Blätter	3,40	0,41	8,292	176,5
5	Die Stengel	3,30	0,35	9,428	65,03

R 103. — A erreicht das Doppelte, das 2½-, das 8fache bei den Blättern gegenüber den Stämmen.

R 104. — Der Wert $\frac{F}{T}$ erreicht die Beträge 3,611 als Minimum bis 9,42—15 und kulminirt mit 18,57 bei Lemna; es sind die höchsten Werte, welche überhaupt vorkommen.

C. Potenzielle und aktuelle Energie.

1. Plasmodia der Mixomyceten.

In den Tagen vom 16. bis 19. Juli wurden die Plasmodien von Aethalium septicum in zierlichen Stromsystemen auf fester Walderde (Waldweg) und auf Fichtenrinden ohne jegliche Verletzung in die Rezipienten übertragen. Sie stellten dentritisch verzweigte Stromnetze dar, mit strahliger Ordnung der Hauptstrombahnen, waren in lebhaft strömender Bewegung und konnten in drei Stellungen der Untersuchung unterzogen werden:

Serie 125.

I. Versuch. Das Stromnetz auf Fichtenrinde.
18. Juli. Dauer 3—5 Stunden. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Die Stromfläche im Lot . . .	0,25	0,06	4,166	229,7
I	Die Stromfläche im Horizont, so dass das Plasmodium auf der Unterlage ruht	0,25	0,06	4,166	177,6
I	Die Stromfläche im Horizont, so dass das Plasmodium hängt	0,25	0,06	4,166	266,7

Übernacht zogen sich die Massen zusammen und gingen zur Sporenbildung über, für 14 Stunden wird nun erhalten für A (pro g. T 100 Stunden) 391,6.

R 105. — Das Ganze ergiebt ein Beispiel für den Einfluss der Phasenänderung. Die gewaltigen Unterschiede in den vier Messungen können sein: Folgen der Lagenänderung zur Richtung der Gravitation. Die supponirten Gesamtschwingungen würden dementsprechend ihre grösste Intensität zeigen, wenn die Stromfläche ins Lot fällt. Sie können aber auch Folge der Phasenänderung sein, denn bei der dritten und vierten Ablesung, welche steigende Werte ergiebt, ging der Organismus in den Zustand der Sporenbildung über, mit ausserordentlich grosser Steigerung von A.

Serie 126.

II. Versuch. Das Stromnetz auf festgestampfter Walderde.

Dauer des Versuchs 2—3 Stunden. Temp. 18,5—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Das Plasmodium in dentritisch strahligem Stromnetz . . .	0,801	0,19	4,215	38,33
II	Dasselbe als formlose Masse, durch Zusammenkratzen zum Teil desorganisirt	0,801	0,19	4,215	165,8

R 106. — Die Störung des Molekulargefüges eines in strömender Bewegung begriffenen Plasmodium steigert A von 38,33, dem Wert für die normale Beschaffenheit, auf 165,8.

R 107. — Der Maximalwert für die Strömungsphase ist 266, der Maximalwert für den Übergang in die Sporenbildung ist 391,6.

R 108. — Der Wert für $\frac{F}{T}$ ist klein zu nennen: Max. 4,215. Diese merkwürdigen Relationen glaubte ich in den Vordergrund stellen zu müssen für Betrachtungen und Messungen der Atmung an Zellenpflanzen während ihres Überganges aus dem Zustand der potenziellen in den Zustand der aktuellen Energie.

2. Umsetzung der potenziellen in die aktuelle Energie.

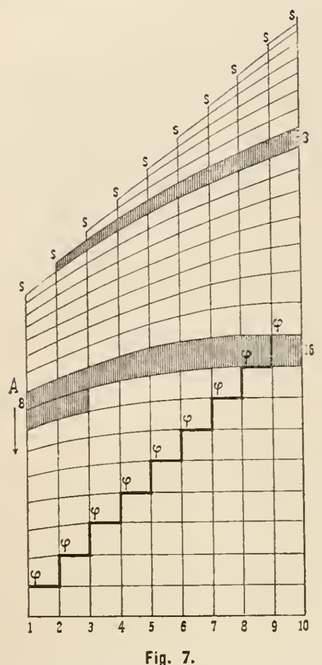


Fig. 7.
Die Abscissenaxe entspricht der Zeit, die Ordinaten sind die Längen der Zellen in wachsenden Stämmen. A die Richtung der Gravitation.

a) Geradlinige Stämme.

Die Stamminterfolien und die Blätter sind angelegt, besitzen eine hohe potenzielle Energie, welche in die aktuelle Zuwachsenergie umgesetzt wird. Da die Streckungsgrösse pro Längenmillimeter in der mathematischen Spitze gleich Null, in gegebener Entfernung im absoluten Maximum, in noch grösserer Entfernung wieder gleich Null ist (s. Fig. 7), so müssen auch verschiedene Atmungsgrössen gefunden werden, je nach der Phase, in welcher die Abschnitte stehen. Es sind nicht Widersprüche, wenn bei einigen, wie bei den Gramineen, die Sache umgekehrt liegt. Wir heben diese zuerst heraus. Bei den Gramineen erlischt die Bewegung im Scheitel des Interfolium zuerst, in der saftigen Basis zuletzt.

Serie 127.

Beispiel für die Beziehung: Streckung der Organe und Atmung.

Gramineen: Alopecurus pratensis. 6. Mai. Dauer 5,5 Stunden. T 17,5° C.

R		$\frac{F}{T}$	A
2	Der untere saftige Teil d. Stamminterfolium	7,000	155,8
3	Der obere trockene Teil d. „	4,000	53,33
4	Blattscheiden	4,451	62,16
5	Blätter	4,428	89,84
6	Blütenähren vor dem Aufblühen . . .	4,357	130,1

Ähnliche Relationen zeigt Secale cereale:

Serie 128.

Ähre; Blätter und Interfolien. 24. Mai. Dauer 3 Stunden. T 18,5—20° C.

R		F	T	F/T	A
2	Die Blätter	1,50	0,46	3,260	73,55
3	Die saftigen Teile der Interfolien	2,95	0,45	6,555	97,09
6	Die nichtsaftig. Teile der Interfol.	2,03	0,601	3,378	34,30
III	Die Ähre vor dem Aufblühen .	2,51	0,91	3.80	128,5

R 109. — Erlischt, wie bei den Gramineen, an den Interfolien, die potenzielle Energie in der Richtung von dem Scheitel nach der Basis, so ist der Wert für A im basilaren Teil sehr viel höher wie im akroskopen Teil, die Relationen sind 155,8 : 53,33 und 97,09 : 34,30.

Eine ausserordentliche Steigerung der Atmungsenergie zeigen raschwüchsige Stämme und Blätter:

Serie 129.

Galium Aparine, Stämme. 24. Mai. Dauer 2 Stunden. T 17—17,5° C.

R		F	T	F/T	A
III	Die entblätterten Stämme aufrecht	3,85	0,55	7,00	114,6

Serie 130.

Sambucus nigra. 9. Mai. Dauer 9 Stunden. T 15° C.

R		T	A
2	Das junge Blatt	0,4	111,9
4	Holz und Mark des saftigen Sprosses .	0,85	104,0

R 110. — Stämme und Blätter von Holzpflanzen, wie Sambucus, zeigen, wenn die aktuelle Energie gleich 0 ist, die Organe ausgewachsen sind, immer höheren Wert von A für die Blätter. Dass es nicht der Saftgehalt, „das Saftigsein“, ist, welche bei den jetzt zu besprechenden und in den Serien 127, 128 besprochenen Energiedifferenzen den Ausschlag geben, zeigen die folgenden Aufnahmen, sowie die Serie 126. Es ist die Wachstumsenergie, welche mit A in kausalem Zusammenhang steht.

Bei der Mehrzahl der hier untersuchten Stammpflanzen schreitet der Zuwachs nach dem Scheitel des Stammes fort.

Serie 131.

I. Sambucus, die jüngeren und älteren Stamminterfolien unzerlegt (intakt).

R		$\frac{F}{T}$	A
2	Das obere jüngere Stamminterfolium . .	9,000	165,1
3	Die mittleren älteren „ . .	10,380	117,4
4	Das untere älteste „ . .	10,000	93,05

Serie 132.

II. Sambucus nigra, die jüngeren und älteren Stamminterfolien zerlegt in Markstreifen und Holz-Rindestreifen.

R		$\frac{F}{T}$	A
5	Die jüngeren Interfolien zusammen 358 mm lang, 13 mm Markverlängerung . .	9,583	344,7
6	Die älteren Interfolien zusammen 200 mm lang, 5 mm Markverlängerung . . .	9,800	266,7

R 111. — In drei aufeinanderfolgenden Interfolien eines in akropetaler Richtung wachsenden Sprosses zeigt im sonst intakten Zustand das jüngste den geringsten Wert von $\frac{F}{T}$ und den Maximalwert für A 165, das untere einen höheren Wert für $\frac{F}{T}$ und Minimalwert für A 93. Die Ausschläge für A sind sehr beträchtlich zu nennen. Werden solche Interfolien in Mark- und Rinde-Holzstreifen zerlegt, wird damit die Gewebespannung der Autoren aufgehoben, so steigen die Werte für A auf 344,7 und 266,7. Hieraus folgt: Die potenzielle Energie ist im Scheitel im Maximum, sie geht in den Interfolien in aktuelle Wachstumsenergie über, sinkt dementsprechend in dem Mass, wie die Interfolien durch ihren Zuwachs von dem Scheitel fortgerückt erscheinen. A sinkt dementsprechend von dem Scheitel nach der Basis.

b) Laubblätter.

Serie 133.

In der Streckung befindliche Laubblätter von Sambucus nigra.
10. Mai. Versuchsdauer 2 Stunden 30 Minuten. T 15–16,5° C.

R		Grösse der Blätter Serie 77	CO_2 cm³	$\frac{F}{T}$	A
I	Die jüngsten Blätter .	40 mm lang	4,566	5,714	244,8
II	Die älteren Blätter . .	110 „ „	1,909	5,333	166,3
III	Die ältesten Blätter .	170 „ „	1,104	5,274	112,6

R 112. — Für die in akropetaler Folge sich streckenden Laubblätter eines Sprosses gilt dasselbe wie für die Interfolien. Das Maximum der Atmungsgrösse kommt den oberen mit grosser potenzieller Energie zu.

R 113. — In allen diesen Versuchen ist von Differenzen in in der Lage zum Lot abgesehen worden. Es lag aber nahe zu vermuten, dass die Gravitation der Erde die Schwingungen, welche mit der Kohlensäurebildung abschliessen, beeinflusse. Wir betonen aber vor diesem noch einmal: Bei allen in akropetaler Richtung sich entfaltenden Phanerogamenpflanzen liegt das Maximum der Atmungsgrösse in den jüngeren Interfolien mit grösserer potenzieller Energie für Blätter und Stämme.

3. Geopolarisation der Schwingungen.

Ich unterlasse die Definition für „unreine Differenz.“ Ein reiner Differenzversuch ist in der Serie 118 bereits vorgeführt worden. Wird in unserem Apparat (Fig. 1 u. 2) ein Stengel einmal so aufgestellt, dass er im Lot mit dem Scheitel zenithwärts, zum zweiten so, dass sein Scheitel erdwärts, zum dritten so, dass er, durch Drehung des Rezipienten im Tubulus (Fig. 1 u. 2) horizontal steht, so sind dies drei „reine Differenzen,“ bezogen auf die Lage des Organkomplexes der Pflanze zur Richtung der Gravitiation, weil sich in dem Apparat nichts in Bezug auf alle anderen Betriebsfaktoren geändert hat.

Die einzige Unreinheit, wenn man so sagen darf, kann darin bestehen, dass der Pflanzenteil während der Dauer der drei Versuche (6—20 Stunden) Phasenänderungen durchmacht, welche Folgen

der Verwundung sind. In diesem Fall müssen in drei gleichen Rezipienten die Lagenunterschiede gleichzeitig realisirt werden.

Als Beispiel aus der Pflanzenphysiologie wähle ich den schwierigsten Versuch, den Vöchtingschen Weidenversuch. Hier ist der Atmungsversuch ein „Reiner Differenzversuch.“ Die vitalen Funktionen für die Fragestellung lassen aber eine reine Differenzfrage nicht zu, weil der Organkomplex „Weidensteckling“ von dem Augenblick an, in welchem er in nassen Sand gesteckt, seine endogene Umwandlung beginnt, in Bezug auf diese Umwandlung erst definirt werden kann, nachdem die Organe differenzirt äusserlich zum Vorschein kommen.

4. Polarisation in Weidenstecklingen.

Nachdem Vöchting zuerst gezeigt, dass für die Bildung der Adventivwurzeln eine Polarität herrschen muss, lag es nahe, den Umlagerungen der Molekularschwingungen in solchen Stecklingen mit Hilfe der vorstehend geschilderten Messungen nachzuspüren. Von 8 cm langen Stecklingen von Salix incana wird ein Teil mit dem basiskopen, ein anderer Teil mit dem akroskopen Querschnitt in nassen Sand im Glasrezipienten aufgestellt. Nach 48 Stunden ist der erste Versuch fällig. Vier Differenzen wurden herausgegriffen. Von den aufrechtstehenden wird einer aufrecht der andere verkehrt in der Lotlage in die Gasrezipienten gebracht; ebenso kommen zwei aus den zuerst umgekehrten zur Untersuchung.

Serie 134.

Dauer des Versuches 24 Stunden. T 19—20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
1	Der Steckling zuerst aufrecht, jetzt aufrecht . . . . . ↑↑	5,50	2,15	2,559	1,646
2	Der Steckling zuerst aufrecht, jetzt umgekehrt . . . . ↑↓	5,01	1,80	2,753	1,389
4	Der Steckling zuerst umgekehrt, jetzt aufrecht . . . . . ↓↑	4,75	1,85	2,566	2,882
5	Der Steckling zuerst umgekehrt, jetzt umgekekrt . . . . ↓↓	4,61	1,75	2,634	0,642

R 114. — Bis hierher ist der Versuch rein und zeigt, dass die Schwingungen, welche mit der Kohlensäurebildung abschliessen, durch die Gravitation polarisirt sein müssen. Denn in der Differenz R_1 u. R_2 hat sich nichts geändert, wie die Lage; das Maximum von A kommt der Normallage zu. In der Differenz 4 u. 5 gilt dasselbe, nur war der aufrechte vorher in der umgekehrten Lage; hier ist die Differenz für A 2,8 : 0,6. Ein Teil der Stecklinge blieb in der Normallage, ein anderer Teil in der umgekehrten Lage in nassen Behältern stehen, dann erfolgte die Wiederholung.

Serie 135.

Weidenstecklinge; Wiederholung, acht Tage nach dem ersten Versuch der Serie 134.
28. Juni. Dauer 25 Stunden. T 17—20° C.

R		F	T	$\frac{F}{A}$	A
2	Der Steckling aufrecht, bleibt aufrecht	7,4	3,01	2,458	2,565
3	Der Steckling aufrecht, jetzt umgekehrt	9,42	3,45	2,471	2,934
4	Der Steckling umgekehrt, jetzt aufrecht	7,1	2,4	2,959	4,567
5	Der Steckling umgekehrt, jetzt umgekehrt	9,91	3,41	2,906	3,414

Serie 136.

Weidenstecklinge dieselben, der Gegenprobe unterzogen.
Dauer 11 Stunden 50 Minuten. T 20—21,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Der Steckling aufrecht, aufrecht, jetzt umgekehrt	7,4	3,01	2,458	2,977
3	Der Steckling aufrecht, umgekehrt, jetzt aufrecht	9,42	3,45	2,731	2,523
4	Der Steckling umgekehrt, aufrecht, jetzt umgekehrt . . .	7,1	2,4	2,959	4,754
5	Der Steckling umgekehrt, umgekehrt, jetzt aufrecht	9,91	3,41	2,906	3,297

Streckung der Knospen, geringe Durchbrüche der Adventivwurzeln.

Die Vorgänge, welche im Innern des Stecklings sich abspielen, in Serie 134 aber erst am Schluss von Serie 136 äusserlich definirbar sind, machen die Differenz 2, 3 unrein; dass die Differenz 4, 5 sich deckt mit Serie 134 kann ein Zufall sein. In Serie 136 herrscht gar keine Koinzidenz, A ist bald so, bald so. Da dem Versuch die grösste Präzision zugewandt wurde, können es nicht Fehler in der Beobachtung sein. Der Versuch erscheint unrein, weil die Definition der Phasenänderung: Knospenstreckung, Wurzelbildung, geotropische Tendenzen, geotropische Beugung, kurz eine ganze Reihe von innern und äusserlich sichtbaren Bewegungen zur Herrschaft gelangten, deren Definition bezogen auf Lagendifferenz nicht möglich war und somit für die gasometrische Differenz keine Unterlage schaffen konnte.

5. Polarisation in wachsenden Sprossen.

11. Definition. In jedem wachsenden Spross wird die potenzielle Energie von den jüngsten Interfolien beziehentlich Stammniveaus nach den älteren umgesetzt in die potenzielle Energie der Gewebespannung, in welcher die Grundgewebe Mark und Rinde positiv elastisch, die Fibrovasalien und Epidermis negativ elastisch erscheinen. Das Maximum dieser Längsspannung liegt in dem Niveau des grössten Partiärzuwachses.

In jedem in akropetaler Richtung wachsenden Spross wird die potenzielle Energie für den Wachstumsvorgang in die aktuelle Energie des Wachsens umgesetzt: Die Grössen für A und für diese potenzielle Energie nehmen vom Scheitel nach der Basis ab.

Serie 137.

Junge Sambucus-Sprosse. 15. Mai. Dauer 3 Stunden. T 16—17° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 pr 1 gr F 100 St.	A
3	Der Spross in aufrechter Lotstellung . . . . Der Scheitel d. Sprosses nach d. Zenith.	16,6	1,95	8,513	8,37	63,77

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 pr 1 gr F 100 St.	A
4	Der Spross in umgekehrter Stellung . . . . Der Scheitel des Sprosses erdwärts.	13,53	1,45	9,330	5,04	46,67
5	Der Spross horizontal	11,50	1,38	8,333	4,31	35,99

R 115. — Die Schwingungen der Molekeln in wachsenden Sprossen sind in diesem Sinne durch die Gravitation der Erde polarisirt: Steht der Spross aufrecht lotrecht, so wächst die Schwingungsintensität und damit die Atmungsgrösse, steht er umgekehrt, so sinkt die Atmungsgrösse.

Vorstellung. Die Schwingungen gehen über das ganze System, beherrschen alle Zellen, welche Zuwachs zeigen und müssen nach drei Richtungen vor sich gehen, entsprechend den Raumdimensionen, nach welchen Volumvergrösserung durch Wachstum eintritt. Der Schwingungskomplex ist dreiachsig (vgl. unten Theorie der Schwingungen).

12. Definition. Durch Schütteln wird das Mass der potenziellen Energie der Gewebespannung kleiner.

Serie 138.

Sambucus nigra. 29. Mai. Dauer 1 Stund. T 17° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Der nicht geschüttelte Spross, lotrecht aufrecht . . . . ↑	8,15	0,802	11,16	111,0
III	Der geschüttelte Spross, lotrecht aufrecht . . . . . ↑	10,40	0,870	11,94	85,0
II	Der nicht geschüttelte Spross, lotrecht abwärts . . . . ↓				86,02
III	Der geschüttelte Spross, lotrecht abwärts . . . . . ↓				71,22

R 116. — Nach dem vorstehenden Versuch: Der gesamte Komplex der Molekularschwingungen, welcher die potenzielle Energie in die aktuelle der Längsstreckung

umsetzt und damit die potenzielle Energie der Gewebespannung zu stande bringt, unterliegt der Geopolarisation. Die Atmungsgrösse ist für die aufrechte Lotlage, für die volle und die durch Schütteln geminderte potenzielle Energie im Maximum, gegenüber der inversen Lage des Sprosses in beiden Zuständen.

Der nicht geschüttelte Spross zeigt die Relation 111 : 86, der geschüttelte dagegen 85 : 71. Hieraus ergiebt sich:

R 116 A. — Ein so ausserordentlich rauher Eingriff, wie das Schütteln des Sprosses, bewirkt Überverlängerung aller Gewebepartieen, vernichtet einen Teil der potenziellen Energie, A sinkt instantan gegenüber dem nicht geschüttelten Spross. Die Koinzidenz zu diesem beachtenswerten Ergebnis liegt in dem Versuch (s. unten) der Serie 194 unter „äussere Arbeit und Atmung, künstliche Belastung der Erbsenkeimaxe."

Die Erscheinung solcher Polarisation erschien mir zu bedeutungsvoll, um weitere Versuche zu unterlassen, denn wenn ein Spross in der aufrechten Normallage das Maximum für A, in der umgekehrten das Minimum zeigt, so muss er in der Horizontalstellung einen Mittelwert oder doch einen Wert aufweisen, welcher zwischen jenen beiden liegt:

Serie 139.

Rubus fructicosus, saftiger Spross. 24. Mai. Dauer 2—3 Stunden. T 17 – 17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
6	Der Spross aufrecht, lotrecht .				60,01
6	Der Spross abwärts, lotrecht .	4,1	0,65	6,308	51,53
6	Der Spross horizontal				53,03

R 117. — Die supponirten Molekularschwingungen in wachsenden Sprossen, welche durch den Wert A gemessen werden, haben in der Normallage das Maximum, in der umgekehrten das Minimum der Intensität. Jede Abweichung von diesen Lotlagen muss Mittelwerte für A und Mittelwert der Intensität herbeiführen, weil die Schwingungen vorherrschend nach zwei Richtungen, im Cylinder, als Modell des Triebes, nach der Axe und senkrecht zu dieser erfolgen. Der Transversal-Schwingungskomplex muss wieder zwei Axen aufweisen, den Radius und die Tangente. Da nun aber

der Versuch nur aussagt, dass die Umkehrung des Systemes um 180° die Intensität der Längsschwingung verändert, weil bei der Horizontalstellung der Transversal-Schwingungskomplex, zum Teil wenigstens, in Längsschwingungen umgelegt wird, so ist die Forderung des Mittelwertes für A für die Horizontalstellung nicht absolut.

Sehr viel durchschlagender zeigt die Fichte in ihren soeben sich streckenden Nadeltrieben die Beziehung zwischen aktueller Energie und Atmung. Wir geben die scharfe mechanische Definition: Die Lottriebe (Endtriebe) haben in der Streckung der Glieder nur die Nadeln in ihrer aufrechten Lage auszubilden, die potenzielle Energie ohne merkliche Torsionen in die aktuelle umzusetzen. Die Seitentriebe verhalten sich wie vorher, müssen aber für jede der vielen Nadeln an der Nadelbasis Drehungen ausführen, so dass ein Teil der Nadeln von oben nach unten, der andere Teil von unten nach oben in der Nähe der Insertion Torsionen ausführt, bis die Nadeln in den Horizont fallen. Diese zahlreichen kleinen Arbeitsleistungen summiren sich zu überraschend merklichen Ausschlägen.

Serie 140.

Fichte. 17. Mai. Versuchsdauer 4,5 Stunden. T 17—19° C.
Länge der Triebe 3—6 cm.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	CO_2 cm^3	A
2	Der turgeszente Lottrieb im Rezipienten aufrecht .	4,81	0,81	5,937	17,14	101,8
3	Der erschlaffte Lottrieb im Rezipienten aufrecht .	4,30	0,84	5,119	10,64	54,50
4	Der turgeszente Seitentrieb im Rezipienten aufrecht	1,80	0,32	5,626	14,20	79,87
5	Der erschlaffte Seitentrieb im Rezipienten aufrecht	2,50	0,501	4,990	12,53	62,55
6	Der turgeszente Lottrieb im Rezipienten umgekehrt	3,45	0,600	5,749	16,55	95,17

R 118. — Der turgeszente Lottrieb aufrecht im Lot und umgekehrt im Lot ergiebt die Relation für A 101,8 : 95,17, also durchschlagend Anschluss an R 137.

Der turgeszente Lottrieb und der erschlaffte Lottrieb in der gleichen Lage ergeben 101,8 : 54,50, also durchschlagenden Anschluss an R 138.

Der turgeszente Lottrieb und der turgeszente Seitentrieb (dieser steht am Schaft unter 45° geneigt) zeigen in der gleichen Lage für A 101 : 79 (der Seitentrieb hat an sich also kleinere Energie). Der turgeszente und erschlaffte Seitentrieb 79 : 62.

6. Geopolarisation der Schwingungen in Kressensaaten.

Bei den vorhergehenden Versuchen waren Wunden unvermeidlich, im nachfolgenden Versuch sind diese ausgeschlossen.

Wie in den früheren Versuchen werden sterilisirte Stäbchen von nichtglasirtem Porzellan von der Länge eines Reagenzcylinders benetzt, mit den Samen beschickt, in Reagenzcylindern aufgestellt. Die Kressenpflänzchen orientiren die Wurzeln und Stämme ins Lot. Die Saaten werden in den Gasrezipienten normal aufrecht und umgekehrt aufgestellt:

Serie 141.

Kressensaat in aufrechter und umgekehrter Lage 3 mal 24 Stunden nach der Aussaat. Dauer 10 Stunden 30 Minuten. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Saatpflänzchen aufrecht, lotrecht	1,61	0,16		94,64
3	Die Saatpflänzchen in umgekehrter Lage	1,70	0,20		71,91

Serie 142.

Kressensaat. Wiederholung des Versuches in späterer Phase. Dauer 7 Stunden 10 Minuten. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Saatpflänzchen lotrecht aufrecht	1,75	0,25	7,000	178,6
3	Die Saatpflänzchen lotrecht umgekehrt	1,85	0,22	8,219	165,1
4	Die Saatpflänzchen horizontal .	1,50	0,202	7,425	159,6

Hieraus folgt:

R 119. — In Kressensaaten, in welchen Stämme und Wurzeln negativ bezw. positiv geotropisch orientirt wachsen, unterliegt der Gesamtschwingungskomplex der Geopolarisation: Die Maximalwerte der Atmungsgrösse kommen der Normallage zu.

Der Versuch 142 zeigt, wie ausserordentlich schwankend die von der Keimphase abhängigen Grössen für A sind. Er bestätigt auf das Bestimmteste mit dem Wert 159,6 für die dritte Differenz der Horizontallage das R 139.

7. Geopolarisation der Schwingungen in Wurzeln.

Aus den bisherigen Untersuchungen folgt, dass A für wachsende Stämme (Sprosse) in der Normallotlage höhere Werte erhält, wie für die umgekehrte Lotlage, dass Keimpflanzen der Kresse mit Keimstämmen und Keimwurzeln (also Organkomplexe zu zwei Organen) sich ebenso verhalten. Damit ist die Frage nicht erledigt für die Wurzel. Diese ist sehr viel schwieriger zu lösen. Ich wähle. wie für die Stämme, die Wurzel einer normalwüchsigen dreijährigen Esche. Die gewählte Seitenwurzel liegt im Boden fast horizontal und ist mit Würzelchen der dritten bis vierten Ordnung so besetzt, dass diese, in zwei Orthostichen gereiht, die Mediane ihrer Reihung im Horizont orientirt zeigen. Diese Wurzelfiederung hat eine zenith- und eine erdwendige Ebene. Die Oberseite ist gleich der zenith-, die Unterseite gleich der erdwendigen Ebene (der Nadirseite).

Serie 143.

Fraxinus excelsior. 1. Juli. Dauer 2 Stunden. T 24° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Horizontalwurzel mit der Spize nach oben	5,60	1,40	4,000	34,72
3	Die Horizontalwurzel mit der Spitze nach unten	4,10	1,02	4,020	41,78
4	Die Horizontalwurzel horizontal, Oberseite oben	2,76	0,80	3,449	32,20
5	Die Horizontalwurzel horizontal, Oberseite unten	1,80	0,501	3,593	26,28

R 120. — In der Differenz 2, 3 ergiebt die Normallotlage das Maximum 41,78 gegenüber 34 der umgekehrten Lage.

Für die Horizontalstellung 4, 5 zeigt die Zenithlage mit 32 gegenüber der umgekehrten mit 26 die absolute Koinzidenz mit den früheren Versuchen. Der Gesamtschwingungskomplex ist in dem Wurzelkörper durch die Gravitation polarisirt. Der Maximalwert von A kommt der Normallage zu.

8. Geopolarisation der Schwingungen in Keimwurzeln (in Organkomplexen).

Die angequollenen Erbsen werden auf Drähte von verzinktem Eisendraht gereiht.

Serie 144.

Erbsen, drei Tage nach der Aussaat, die Wurzeln 6—15 mm lang in genau positiv geotropischer Lage.

Dauer 90 Minuten. T 19,5—20,5° C.

R		F Kotyledonen	F Wurzeln	T gesamt	F / T gesamt	CO_2 pr g d. F der Wurzeln 100 St.	A
5	Die Wurzeln abwärts lotrecht	6,7	0,31	2,85	2,352	266,7	29,00
6	Die Wurzeln aufrecht lotrecht	7,9	0,35	3,50	2,257	339,0	33,90

R 121. — Das Ergebnis steht in direktem Widerspruch zu dem R. 117. Die Serie 143 ist aber kein reiner Differenzversuch, da die Vorgänge in der nicht sichtbaren Plumula und den Kotyledonen sich der Betrachtung entziehen.

9. Geotropismus und Geopolarisation der Schwingungen.

Die Atmungsgrösse während der geotropischen Krümmung.[1]

A. Wurzeln.

Von dem besten Material an Saaterbsen wurden die gequollenen Samen so auf verzinkte Eisendrähte gereiht, dass im Beginn, bei senkrechter Aufstellung der Drähte in Reagenzröhren,

[1] Methode. An einer oder wenigen Keimpflanzen, als den einzig praktikabeln Objekten, Energiebestimmungen auszuführen, ist kaum möglich oder erfordert

die Wurzeln horizontal standen. Die Samen blieben alle in dieser Lage während 24 Stunden. Sodann wurden fünf Rezipienten so mit den Objekten beschickt, dass im Rezipient 2 die Anfangslage herrschte. In den vier übrigen Rezipienten 3, 4, 5, 6 wurden die Drähte umgekehrt, so dass hier die Spitze der Wurzel die Abweichung von der Horizontalen nach oben zeigte.

I. Versuch.

Die **13. Definition** für die Zustandsänderung der Differenz lautet: Die wachsenden Wurzeln im Rezipienten 2 folgen der Krümmungstendenz, zu welcher sie durch die Wirkung der Gravitation in 24 Stunden angeregt waren, sie führen diese Krümmung aus, bis das Stück, in welchem der Zuwachs erfolgt, im Lot steht; sie wachsen sodann geradlinig im positiv geotropischen Sinne weiter. Die Wurzeln der Rezipienten 3, 4, 5, 6 stehen unter der Nachwirkung jener 24 Stunden der Anfangslage, erhalten aber durch die Umkehrung eine neue Tendenz der Krümmung nach der entgegengesetzten Richtung. *Der Rezipient 2 bleibt bis zum Schluss des Versuchs in der Anfangslage*, die vier übrigen werden, je nach 4 – 5 Stunden, umgekehrt, so dass jedesmal, wenn die Wurzeln durch eine Lage die Tendenz zur positiven geotropischen Krümmung erhalten haben, durch die Umkehrung von neuem eine entgegengesetzte Tendenz in sie hineingelegt wird. Die fünf Rezipienten stehen im Dunkeln bei gleicher Temperatur 15—17° C. Nach 4 Stunden 30 Minuten erfolgt die Ablesung des Manometer-

---

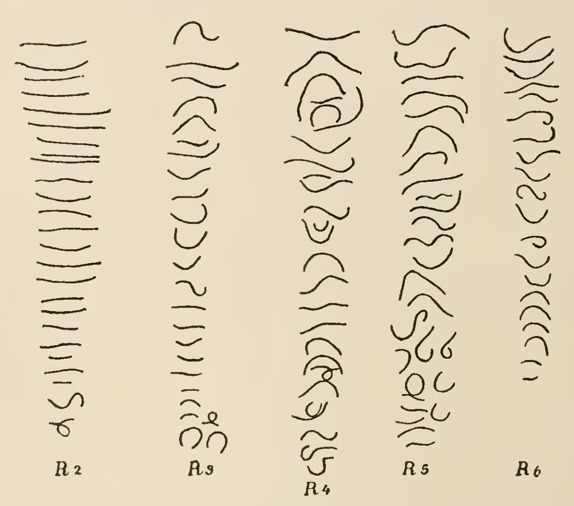
Präzisionsapparate für Gasometrie, welche übermässige Zeit in der Versuchsanstellung erheischen. Summiren sich aber die Wirkungen zahlreicher Pflänzchen, so muss schon mit Hilfe der einfachen Apparate Fig 1, 2 eine derartige Bestimmung möglich sein. Werden Erbsen im gequollenen Zustande so an dünne Drähte gereiht, dass die Keimorgane sich nur zu strecken brauchen, um positiv-negativ geotropisch zu wachsen, so ist ein kleinerer Energieaufwand nötig, wie wenn sie umgekehrt liegen, so dass jedes Organ erst eine Krümmung ausführen muss. Lässt man eine Reihe von 20 Samen in dem einen Rezipienten unter der ersten Bedingung wachsen, während in dem zweiten gleichgrossen Rezipienten m Umdrehungen desselben ebenso viele geotropische Beugungen zum Gefolge haben, so muss es möglich sein, aus einer Differenz der Atmungsgrösse auf die Relation von Atmung und Energieaufwand zu schliessen, weil sich die kleinen Differenzen summiren.

und Barometerstandes. Die Rechnung ergiebt Kohlensäure in Kubikcentimetern:

Serie 145.

R 2	6,75 CO_2 cm^3
3	5,76
4	6,65
5	5,76
6	7,07.

Nur einer der Rezipienten 3—6 erreicht den Rezipienten 2.



Figur 8.

R 2. Die Wurzellängen für den Normalrezipient, in welchem die Wurzeln geradlinig ungestört wuchsen.

R 3, 4, 5, 6. Die Drehrezipienten, in welchen die Wurzeln durch wiederholte Umkehrung zum krummlinigen Wachstum durch die Gravitation gezwungen wurden.

Der Rezipient 2 bleibt in der Anfangslage, die übrigen werden umgekehrt, nach weiteren 4 Stunden 25 Minuten erfolgt die zweite Kohlensäurebestimmung; sie ergiebt:

Serie 146.

R 2	5,74 CO_2 cm^3
3	2,86
4	3,62
5	3,56
6	1,87.

Die Kohlensäuremengen sinken in den Rezipienten 3—6 nun schon ganz erheblich gegenüber dem Rezipienten 2. Wie vorher bleibt dieser letztere in der Anfangslage, die übrigen werden von neuem, also zum drittenmale umgekehrt; nach 5 Stunden sind die Kohlensäuremengen:

Serie 147.

R 2	**6,73** CO_2 cm^3
3	1,44
4	4,17
5	2,07
6	1,22.

Damit schliesst der Versuch. Die Apparate werden geöffnet, die Frischgewichte, Trockengewichte der Samenteile, die Wurzellängen bestimmt, die Wurzelkrümmungen graphisch festgelegt (s. Fig. 8).

R 122. — Das erste Ergebnis: Die 29 Samen des Rezipienten 2 zeigen in ihren Wurzeln das Frischgewicht 0,74 g, gegenüber dem entsprechenden für die Samen der Rezipienten 3 bis 6 von 0,54 g. Die ungestört positiv-geotropisch wachsenden Samenteile zeigen ein höheres Frischgewicht, gegenüber den zu Krümmungen gezwungenen.

R	Wurzeln		Kotyledonen und Integumente		Wurzellängen	Stückzahl der Samen
	F	T	F	T	mm	
2	**0,74**	**0,06**	**20,1**	**6,7**	**446**	**29**
3	0,55	0,064	18,8	6,3	265	28
4	0,65	0,063	18,99	6,25	390	29
5	0,71	0,067	18,1	6,20	438	29
6	0,45	0,068	19,25	6,14	296	29

Drei Relationen für die Berechnung der gebildeten Kohlensäure müssen herangezogen werden:

I. Kohlensäure für 1 g Trockengewicht der Wurzeln in 100 Stunden:
R 2 die positiv geotropischen Wurzeln **2342** CO_2 cm^3
3—6 die krummlinig wachsenden Wurzeln **1268.**

Es zeigen die geradlinig gewachsenen nahezu die doppelte Atmungsgrösse gegenüber den krummlinig gewachsenen Wurzeln.

II. Kohlensäuremenge für 1 g Trockensubstanz der Gesamtmasse der Samen:

R 2	die positiv geotropischen Wurzeln	**20,76** CO_2 cm^3
3—6	der krummlinig wachsenden Wurzeln	**13,19**

also nahezu dasselbe Verhältnis wie in I.

III. Kohlensäuremenge für 1 cm der gewonnenen Wurzellänge und 100 Stunden:

R 2	die positiv geotropischen Wurzeln	**3,137** CO_2 cm^3
3—6	der krummlinig wachsenden Wurzeln	**2,393.**

R 123 weist nach, dass bei den Wurzeln Zuwachs und Atmung proportional sind, dass geotropische Krümmung bedeutet: Zuwachsverlust, Retardirung, Zuwachsdepression, welchen eine Minderung der Atmungsgrösse entspricht. Vollständige Deckung mit R 117 und mit dem Resultat, künstlich belastete Keimstämme (s. unten).

B. Die Stämme.

II. Versuch.

Aus derselben Aufzucht von Erbsen wurden im Zeitpunkt, wo soeben die Stämmchen sich strecken, nachdem die Samen an lotrecht stehenden Drähten gereihet waren, also durch 2—3 Tage in der Lage sich befanden, in welchen Stamm und Wurzeln ihre positiv beziehentlich negativ geotropische Orientirung ausführten, vier Differenzversuche, jeder zu drei Samen, eingeleitet.

Serie 148.

Dauer 8 Stunden. T 17—18,5° C.

R 2	Drei Erbsen mit Wurzeln lotrecht aufrecht	1,34 CO_2 cm^3
3	„ „ „ „ „ umgekehrt	1,65
4	„ „ ohne Wurzeln lotrecht aufrecht	0,56
5	„ „ „ „ „ verkehrt	0,83.

Nachdem die Ablesungen gemacht waren, wurden die verkehrt stehenden Versuchspflanzen umgekehrt, kamen also in die normale Lage, die aufrechtstehenden blieben in der Anfangslage.

Nach drei Stunden ergaben die Ablesungen:

Serie 149.

R 2 Drei Erbsen mit Wurzeln, von Beginn aufrecht 0,94 CO_2 cm³
3 „ „ „ „ zuerst aufrecht, sodann umgekehrt, zuletzt aufrecht . . . 0,76
4 Drei Erbsen ohne Wurzeln, von Beginn aufrecht 1,10
5 „ „ „ „ wie R 3 . . . 0,36.

Nach den Ablesungen werden die Samendrähte im R 3 und R 5 wieder umgekehrt, diejenigen in R 2 und R 4 bleiben in der Anfangslage.

Serie 150.

Dauer 5 Stunden 40 Minuten.

R 2 Drei Erbsen mit Wurzeln, von Beginn aufrecht für den Stamm . . . . 1,39 CO_2 cm³
3 Drei Erbsen mit Wurzeln, zuletzt umgekehrt, vorher dreimal umgekehrt 0,17
4 Drei Erbsen ohne Wurzeln, von Beginn aufrecht 2,10
5 Drei Erbsen ohne Wurzeln, zuletzt umgekehrt, vorher dreimal umgekehrt . . . . 0,81.

Die dauernd aufrechten Versuchspflanzen hatten in beiden Rezipienten 2 und 4 die negativ-geotropische Krümmung ausgeführt. Bei den umgekehrten Erbsen standen die Keimstämmchen im Horizont, wie gefordert ist durch den Versuch.

Am Schluss des Versuches die Frisch- und Trockengewichte:

R	Keimstengel	Wurzeln	Kotyled. und Integum.	F gesamt	T gesamt	$\frac{F}{T}$
2	0,110	0,225	2,3	2,635	0,66	3,993
3	0,090	0,190	1,75	2,030	0,51	3,980
4	0,12	0	2,55	2,670	0,64	4,178
5	0,10	0	2,05	2,600	0,65	4,006

Für die Rechnung liegen die folgenden Relationen vor:

1. Die Summirung der drei Kohlensäurevolume für die Samen,

welche dauernd in der normalen Anfangslage verharrten (R 2, 4) gegenüber derselben für die Samen, welche einer dreimaligen Umkehrung ihrer Pole, bezogen auf die Lotrichtung, unterzogen wurden (R 3, 5).

Dauernde Anfangslage:	mit Wurzeln . . .	3,67 CO_2 cm³
	ohne „ . . .	3,76 „ „
		7,43 CO_2 cm³
Wechsel der Lage (und Tendenz):	mit Wurzeln	2,08 CO_2 cm³
	ohne „	2,00 „ „
		4,08 CO_2 cm³

Da die Stammkrümmung der Vorwurf der Studie war, so ist massgebend:

Dauernde Anfangslage der wurzellosen Pflanzen	3,76 CO_2 cm³
Wechsel der Lage der wurzellosen Pflanzen	2,00 „ „

2. Auf das Gramm des Gesamttrockengewichts und 100 Stunden berechnet für die vier Differenzen:

R 2	Dauernde Anfangslage mit Wurzeln	33,38 CO_2 cm³
4	„ „ ohne „	35,26
3	Wechselnde Lage mit Wurzeln .	30,38
6	„ „ ohne „ .	18,46.

Zum Schluss also die wurzellosen als Massstab:

R 124. — Drei Erbsenkeimstämme, an welchen die Wurzeln abgeschnitten waren, führen in der normalen Anfangslage während 16—17 Stunden bei 17° C die negativ geotropische Krümmung aus und machen pro 1 g Trockengewicht des Samens und für 100 Stunden den Atmungsaufwand von **35,26** CO_2 cm³.

Drei ebensolche Keimlinge, welche in dem gleichen Zeitraum dreimal umgekehrt wurden, so dass die Krümmungstendenzen durch die Gravitation angeregt, aber nicht durchgeführt wurden, machen für dieselbe Masseinheit von Gewicht und Zeit den Atmungsaufwand von **18,46** CO_2 cm³.

Hieraus folgt:

R 125. — Die Gesamtschwingungsintensität, welche mit der Kohlensäurebildung abschliesst und der Geopolarisation unterliegt, wird bei beiden Organen

herabgemindert, der Gesamtzuwachs wird herabgemindert, wenn beide, aus der Normallage gebracht, zu positiven beziehentlich negativen geotropischen Krümmungen gezwungen werden, oder wenn durch öftere Umkehrung der Lage die geotropischen Tendenzen geändert werden, so dass diesen Tendenzen nicht Folge geleistet werden kann.

C. Die Keimwurzel hat die grössere Energie.

III. Versuch.

Von dem besten Erbsensaatmaterial wiegen 29 Stück 6,8 g im trockenen Zustand. Die Erbsen werden im gequollenen Zustand in Distanzen von 3 cm auf verzinkte Eisendrähte so gereiht, dass bei der Lotstellung der Drähte in Reagenzcylindern die Keimwurzeln alle im Horizont stehen. Von diesen Zuchten werden zwei Differenzversuche durchgeführt in absoluter Dunkelheit bei der gleichen Temperatur. 29 Erbsen bleiben in der gegebenen Stellung, die Organe entwickeln sich, wachsen in der Normallage während 8 Tagen: T 17—21° C (Normalrezipient). 29 Erbsen wurden mit den Rezipienten während 8 Tagen von 4—6 zu 4—6 Stunden umgekehrt (Drehrezipient). Nach 7 Tagen hat der Drehrezipient 21 Umkehrungen erfahren. Die Tendenzen wurden also 21 mal geändert. Die geotropischen Krümmungen konnten selbstredend den Tendenzen nicht Folge leisten, denn war die zuerst aus dem Integument austretende Wurzel soeben im Begriff, ihre positiv geotropische Keimung durchzuführen, so wurde sie durch die Umdrehung in die entgegengesetzte Tendenz versetzt. Bezogen auf den Normalrezipienten waren die Erbsen im Drehrezipienten 80 Stunden lang in der Normallage und 81 Stunden in der inversen Lage. Bezogen auf den Zustandswechsel waren sie überhaupt nicht in der Normallage, weil ihre Tendenz 21 mal gestört wurde. Am 7. Tag wurden die Wurzeln abgeschnitten: **R 126.**

	F	T	$\frac{F}{T}$
Wurzeln der Erbsen im Normalrezipienten .	2,10	0,2502	8,395
„ „ „ „ Drehrezipienten . .	1,15	0,199	5,779

Die Gesamtwurzelproduktion im Normalrezipienten ist somit sehr viel grösser, der Wassergehalt ist sehr viel höher wie im Drehrezipienten.

Nach acht Tagen wurde der Versuch beendet:

R 127. — Im Normalrezipient haben von 29 Erbsen sich 27 Keimstämme, normal etiolirt, mit der Maximallänge von 35 mm gebildet. Im Drehrezipient waren nur 5 Keimstämme mit der Maximallänge von 26 mm ausgebildet, bei den übrigen 24 Erbsen waren die Keimstämme verkümmert, verkrümmt in den Integumenten eingeschlossen. Die Gewichte der Teile sind jetzt:

Normalrezipient.

	F	T	$\frac{F}{T}$
Keimstämme	2,40	0,33	7,273
Kotyledonen und Integumente	14,60	5,55	2,631

Drehrezipient.

	F	T	$\frac{F}{T}$
Keimstämme verkrümmt	1,40	0,20	7,000
Kotyledonen und Integumente	14,76	5,15	2,866

Der Drehrezipient hat nahezu 0,5 g mehr gebraucht.

Die Gesamtbilanz für beide Rezipienten ergiebt:

Normalrezipient.

Trockengewicht vor dem Versuch		6,800
„ der Keimwurzeln	0,2502	
„ „ Keimstämme	0,3300	
„ „ Kotyledonen u. Integumente	5,5000	
Gesamtverbrauch durch Atmung	0,7198	
	6,8000	6,800

Gesamtverbrauch durch Atmung ist 0,7198 g.

Drehrezipient.

Trockengewicht vor dem Versuch		6,800
„ der Keimwurzeln	0,199	
„ „ Keimstämme	0,200	
„ „ Kotyledonen u. Integumente	5,150	
Gesamtverbrauch durch Atmung	1,251	
	6,800	6,800

Der Gesamtverbrauch von 1,251 g durch Atmung ist merklich grösser wie im Normalrezipienten. Die Gesamtproduktion ist ebenso merklich kleiner. Alle übrigen Bedingungen waren die gleichen. Hieraus folgt im Anschluss an die Versuche weiter oben (S. 266):

1. Unter allen Umständen zeigt die Keimwurzel grössere vegetative Energie gegenüber dem Keimstamm:

	T Konsum der Atmung	Wurzeln				Stämme			
		Stück	F	T	$\frac{F}{T}$	Stück	F	T	$\frac{F}{T}$
Normal-rezipient	0,7198	29 normale	2,10	0,250	8,395	27 normale	2,40	0,33	7,273
Dreh-rezipient	1,251	29 verkrümmte	1,15	0,199	5,779	5 normale	1,40	0,20	7,000

Für beide Organe zeigt der Normalrezipient $\frac{F}{T}$ mit höherem Wert, wie es aus den früheren Sätzen theoretisch gefordert ist. Diese Relation ist für die Wurzel 8,3 : 5,7; beim Stamme nur 7,37 : 7,01. Die Umlagerung der Tendenzen hat bei der Wurzel kein Individuum so gestört, dass die Wurzeln kümmerten, für den Stamm sind von 29 nur 5 normal ausgebildet.

2. Werden die Tendenzen zur positiven-negativen geotropischen Krümmung umgelagert durch Umkehrung der Organe, ehe die jeweilig geforderte Krümmung aktuell vollführt wird, so erfolgt Zuwachsdepression und längere Andauer des potenziellen Zustandes, welchem ein grösserer Atmungsaufwand entspricht.

10. Geopolarisation der Schwingungen in Blättern.

An einem Lottrieb der Eiche hatten die Laubblättchen ihre Lichtdrehung fast vollendet, sie standen alle im Horizont, waren aber noch lange nicht ausgewachsen, ihre Länge 3—5 cm, also eine potenzielle Energie in der Flächenstreckung von 3—5 cm zu 10—12 cm. Hier setzen sich offenbar zwei Schwingungskomplexe zusammen, der Flächenzuwachs und der Dickenzuwachs der Gesamtblattfläche.

Serie 151.

Laubblättchen der Eiche in der Entwicklung.

25. Mai. Versuchsdauer 5 Stunden 10 Minuten. T 16,5—17° C.

R		F	CO_2 pr g F 100 St.
2	Die Blättchen stehen im Lot aufrecht .	0,85	28,72
3	„ „ „ „ „ abwärts .	0,70	27,69
4	„ „ „ horizontal, die Oberseite oben . .	0,65	37,87
5	„ „ „ horizontal, die Oberseite unten . .	0,62	35,63

Das Gesamtfrischgewicht ist 2,82 g, das Gesamttrockengewicht 0,71 g, woraus $\frac{F}{T} = 4{,}028$ g folgt.

Der Maximalwert liegt in der Normalstellung, es ist dies die Horizontalstellung mit der Oberseite nach oben. Es verhält sich somit das Blättchen, wie der Horizontalspross von Hedera (s. weiter unten), in welchem die Theorie ähnliche, wenn schon komplizirtere, Schwingungen supponiren muss.

R 128. — In einem heranwachsenden Laubblättchen, welches seine geo-heliotropische Bewegung der Orientirung bereits ausgeführt hat, aber noch nicht ausgewachsen ist, unterliegt der Gesamtschwingungskomplex für das Heranwachsen der Geopolarisation. Die grosse Axe der Schwingungsintensität steht senkrecht zur Blattfläche.

Junge Blätter von Vitis vinifera, 3—5 cm lang, haben bis zum ausgewachsenen Zustand die potenzielle Energie, sich von der angegebenen Länge auf 10 – 14 cm durch Wachstum zu vergrössern. Solche junge Blättchen haben ihre Lichtorientirung bereits vollführt, ihre Fläche steht nahezu senkrecht zum Lot.

Die Differenzen ergaben die erstaunlichen Ausschläge der nachfolgenden Tabelle:

Serie 152.

Vitis vinifera, junge Blättchen. 1. August. Dauer 1 Stund. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Die Blättchen lotrecht, mit der Spitze nach oben	3,05	0,65	4,692	160,0
II	Die Blättchen lotrecht, mit der Spitze nach unten	3,05	0,65	4,692	139,2
III	Die Blättchen horizontal, die Oberseite nach oben	3,35	0,64	5,234	201,6
III	Die Blättchen horizontal, die Oberseite nach unten	3,35	0,64	5,234	130,5

R 129. — Nennt man die Horizontallage der Blättchen am unverletzten, nahezu im Lot stehenden Rebspross „die Normallage", so lautet das Resultat: Ein wachsendes Blättchen der Rebe hat, ganz entsprechend seiner sehr komplizirten, anatomischen, morphotischen Ausgliederung zahllose Richtungen der Molekülschwingungen, von welchen ein Teil mit der Bildung von Kohlensäure abschliesst. Der Gesamtschwingungskomplex unterliegt der Geopolarisation. Der Maximalwert der Atmungsgrösse gehört der Horizontalnormallage und derjenigen Lotlage, in welcher die Spitze zenithwärts, der Mittelwert gehört derjenigen Lotlage, in welcher die Spitze nach dem Erdmittelpunkt, der Minimalwert der Horizontallage, in welcher die Oberseite nach dem Erdmittelpunkt gekehrt ist.

11. Die Blattstiele in aktueller Energie.

An einem horizontal stehenden Zweig von Aesculus hippocastanum steht die Mediane des einen Wirtels im Horizont; die Blätter dieses Wirtels erhalten nahezu gleiches Gewicht und gleiche

Grösse der Fläche und Blattstiele. Die Mediane des nächsten Wirtels steht im Lot, das abwärts geneigte Blatt erhält die Maximalgrösse, das aufwärts gerichtete die Minimalgrösse. Vor dem Zeitpunkt der vollendeten Ausbildung wurden die drei Differenzen potenzieller Energie herausgegriffen (16. Mai). Die Blattstiele wurden lotrecht aufrecht in die Rezipienten gestellt.

Serie 153.

Versuchsdauer 6 Stunden. T 17° C.

R		F	U	$\frac{F}{T}$	CO_2 pr gr F 100 St.	A
II	Der Blattstiel des Lotwirtels, das obere Blatt	2,00	0,305	6,557	11,58	75,95
I	Der Blattstiel des Lotwirtels, das untere Blatt	2,15	0,400	5,374	10,79	57,90
III	Der Blattstiel des Horizontwirtels	1,97	0,401	4,914	11,16	54,87

Noch mehr wie das konnte gezeigt werden: Der abwärtsgerichtete Blattstiel eines Lotwirtels, welcher noch potenzielle Zuwachsenergie enthalten musste, da die Streckung nicht vollendet war (16. Mai), wurde abgeschnitten, 3 Stunden lang lotrecht aufrecht, sodann 4—5 Stunden lang lotrecht verkehrt in den Rezipienten gestellt.

Serie 154.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
6	Lage lotrecht aufwärts . . .	3,30	0,499	6,613	66,13
6	„ „ abwärts	3,30	0,499	6,613	54,33

R 130. — Die Blattstiele, in welchen Längenzuwachs und Torsionsenergie zu komplexen Molekülschwingungen führen, verhalten sich somit ähnlich wie die saftigen Sprosse mit grosser Streckungsenergie (s. oben). Die drei Energiedifferenzen der Blattstiele in zwei Wirteln, von denen einer ein Horizontal-, der andere ein Lotwirtel ist, finden in A ihren Ausdruck.

Wird das ganze Blatt, Spreite und Blattstiel zusammen dem Versuch unterzogen, so steigern sich die Werte, weil die Streckungsenergie der Lamina hinzukommt.

Serie 155.

Traueresche, die Laubblätter zur Zeit der aktuellen Drehungsenergie. 23. Mai. Versuchsdauer 1 Stunde 45 Minuten. T $17{,}5-18^0$ C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Die Blätter aufrecht lotrecht mit dem Blattstiel	2,6	0,55	4,728	170,4
II	Die Blätter abwärts lotrecht mit dem Blattstiel	2,36	0,50	4,720	141,8

R 131. — Gleiche Blätter der Esche (Blattstiel und Lamina), welche sich in aktueller Energie des Zuwachses für die Lamina und der Torsion des Blattstieles für die Gravitationsorientirung befinden, zeigen bei aufrechter Lotlage, der Blattscheitel zenithwärts, für A 170,4, in der umgekehrten Lage 141. Es folgt hieraus: Der Gesamtschwingungskomplex der Molekeln, welcher jenen sichtbaren Vorgängen zu Grunde liegt, unterliegt der Geopolarisation.

An dem hängenden Ast der Esche (Traueresche) haben zwei Blattstiele eines Horizontwirtels eine Torsion von 90^0 auszuführen (die mittlere Energiegrösse). Der obere Blattstiel hat die Torsion von 180^0 auszuführen (das Maximum), der untere Blattstiel hat keine Torsion, sondern nur eine Winkelverkleinerung herbeizuführen (kleinste Energiegrösse). Da die Esche sich Zeit nimmt, 10—20 Tage für einen Spross, so hat man leicht Gelegenheit, das Material in der geeigneten Phase herauszugreifen.

Serie 156.

Fraxinus excelsior, 18. Juni; je 4 Blattstiele der Lot- und Horizontalwirtel. Dauer $6{,}66$ Stunden. T $18{,}5^0$ C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Stiele der oberen Blätter des Lotwirtels, Torsion 180^0	1,30	0,31	4,193	54,73
3	Stiele der unteren Blätter des Lotwirtels, Torsion 0^0	1,20	0,30	4,000	33,54

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Stiele der Horizontalblätter, Torsion 90°	1,35	0,30	4,500	50,55
5	Die Blattfläche	2,10	0,54	3,889	69,79

R 132. — Der Maximalwert von A kommt der Lamina zu. Die Atmungsgrössen der drei Blattstiele entsprechen

der Energieleistung 180° Maximum 54,73
" " 0° Minimum 33,54.

Es sind nur die Blattstiele, welche diese hohen Werte und Differenzen zeigen. Hieraus:

Die Schwingungsenergie der Molekeln, welche in der Kohlensäurebildung ihren Ausdruck findet, steht in Blattstielen der Esche, welche in der Drehung befindlich sind, in kausalem Zusammenhang mit der Energieäusserung der sichtbaren Bewegung.

12. Kombination von Zuwachs der Blätter und Zweige und Torsionsenergie der Blattstiele.

Zwei Wirtelknospen eines und desselben Horizontwirtels sind zur Zeit des Versuchs 5 cm lang, haben somit eine potenzielle Energie der Streckung von 5 zu 50—60 cm, welch' letzterer Wert die Endlänge der Sprosse sein mag. Sie haben in ihren Blattstielen die volle potenzielle Energie für die Torsionen. Die Gesamttendenz ist im Anfang unter allen Umständen negativ geotropisch.

Serie 157.

Fraxinus excelsior, zwei am Baum im Horizont stehende junge Triebe, die Blätter 5 cm lang. 20. Mai. Dauer 3 Stunden 20 Minuten. T 18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Der Trieb im Rezipienten lotrecht, aufrecht	1,3	0,199	4,480	413,5
II	Der Trieb im Rezipienten lotrecht, abwärts	1,12	0,25	4,48	246,3

R 133. — Es werden die ungeheuerlichen Werte von 413 cm^3 für die Normallage gegenüber 246 für die inverse Lage erhalten. Fünf Tage früher zeigten zwei ähnliche Knospen genau dieselbe Beziehung, aber kleinere Werte.

Serie 158.

Eschenknospen in der Entfaltung begriffen.
15. Mai. Dauer 4,5 Stunden. T 15—16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
II	Die Knospe steht lotrecht aufrecht	3,15	0,92	3,424	121,3
III	„ „ „ „ verkehrt	4,10	1,35	3,057	93,5

R 134. — Die Maximalwerte der Energie liegen somit (Serie 157) in der Phase, welche der aktuellen Energie vorausgeht. Die Differenzen aber 121 : 93 lassen sich schon in den eben sich öffnenden Knospen erweisen (man ziehe die Winterserien zum Vergleich heran).

13. Geotropische Polarisation der Fichtennadeln und Übergang der potenziellen in die aktuelle Energie.

Am 17. Mai (Münden) sind die Nadeln der Horizontalseitentriebe bereits soweit gekämmt, dass die Ober- von der Unterseite unterschieden werden kann. Die Kämmung aber ist noch nicht vollendet, das Wachstum nicht beendet. Der Trieb mit mehreren hundert Nadeln müsste nach dem Vorhergehenden fünf verschiedene Lagen haben, in welchen er verschiedene Atmungsgrössen aufweisen müsste. Vier solcher Lagen wurden gewählt, die fünfte, in welcher der Zweig mit seiner Axe im Horizont mit der Kämmungsebene im Lot steht, wurde vernachlässigt.

Serie 159.

Fichte. 17. Mai. Versuchsdauer 9 Stunden. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Lottrieb lotrecht aufrecht . .	1,70	0,298	5,703	92,10
3	Seitentrieb „ „ . .	2,01	0,361	5,581	62,79
4	„ „ abwärts . .	1,10	0,23	4,783	53,63
5	„ horizontal, Oberseite oben	1,01	0,15	6,733	103,00
6	„ „ „ unten	1,63	0,300	5,433	98,15

Wir geben hier die vollen Definitionen für die sichtbaren Bewegungen, welche den supponirten Schwingungen folgen:

1. Der Lottrieb streckt seine Nadeln, führt Verschiebungen der Kontaktlinien aus, aber keine Nadeltorsionen. In der Normalstellung hat er den einfachsten Schwingungskomplex ohne Störung.

2. Der Seitentrieb hat dieselben Tendenzen wie der Lottrieb, es kommen aber noch die Torsionen der Nadelkämmung hinzu. Steht er aufrechf im Lot, so hat er geringere Störung und eine höhere, steht er im Lot abwärts so hat er grössere Störungen der Schwingungen und eine niedere Atmungsgrösse. In seiner Horizontalnormalstellung R 5 zeigt er das absolute Maximum, 103, gegenüber allen hier realisirten Lagen.

R 135. — Der Lottrieb hat keine Nadeltorsionen auszuführen, die Nadeln liegen schon in der Normalendlage: also kleinste Energie. Energie des Wachstums mit dem Wert für A 92,10.

Der Seitentrieb hat in seiner Normallage, welche im Rezipient 5 realisirt, Molekularschwingungskomplexe aller Nadeln auszuführen, welche die Basis so tordiren, dass die Nadeln zuletzt im Horizont gekämmt erscheinen. Diese Bewegung ist im Gang und wirkt in der Lage die Oberseite zenithwärts im Rezipienten 5 nach. Der Zweig ist im Rezipienten unter dem Einfluss der Schwingungen in Folge der Gravitation für den Zweigzuwachs und unter dem Einfluss der Schwingungen für die Torsion und den Zuwachs der Nadeln. Der Wert für A erreicht das Maximum 103. Jede Verschiebung aus dieser Lage würde, wenn die potenzielle Energie noch vorhanden ist, die Schwingungen für den Zuwachs, und die Schwingungen für die Nadeldrehungen ihrer Richtung und Intensität nach ändern müssen. Denn würde er ins Lot gestellt, so müssten die Nadeln schliesslich die Lage einnehmen, welche dem Lottrieb zukommt; würde er im Horizont liegen bleiben, aber um 180^0 gedreht werden, so müssten alle Nadeln dieser neuen Lage entsprechend von neuem Torsionen ausführen. Genau entsprechend den Störungen (Retorsion, Zwang zu entgegengesetzten Tendenzen, wie sie vorher eingehalten waren), welche durch solche Lagenänderungen herbeigeführt werden, verhalten sich die Werte für A:

A sinkt, in der Lotlage die Spitze nach oben (die Nadeln müssten kleine Winkelbewegungen nach oben machen), von 103 nach 62.

A sinkt in der inversen Lotlage, die Nadeln müssten jetzt grössere Winkelbewegungen ausführen, von 103 nach 54.

A sinkt in der Horizontallage, wenn der Zweig um 180 gedreht wird (die Nadeln müssten jetzt Retorsionen von 180° ausführen) von 103 nach 98,15.

Keine Rede soll davon sein, dass solche Drehungen an dem vorliegenden Objekt wirklich vollführt würden. Die den Drehungen und Torsionen entsprechenden Tendenzen werden hineingelegt und diesen entsprechen die Differenzen der Atmungsgrössen.

Es folgt hieraus: die Gesamtschwingungen, welche zur aktuellen Energie von Nadeln führen, unterliegen der Geopolarisation (so wie dies für die Eschenblattstiele oben erwiesen ist).

Serie 160.

Phaseolus multiflorus. 17. Juni. Dauer 21 Stunden. 3,25 St. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Gelenkpolster	1,95	0,21	9,285	99,79
4	Blattstiele	3,19	0,31	10,29	76,81
5	Blattfläche	3,55	0,49	7,244	141,3

R 136. — Phaseolus hat an der Basis der Laubblättchen ein deutliches Gelenkpolster, welches, am kurzen Hebelarm angreifend, die Lamina bewegt, die Licht- und Gravitationsorientirung des wachsenden und heranwachsenden Blattes herbeiführt. Dieses Polster zeigt für A mit 99 einen höheren Wert wie der Blattstiel 76, gegenüber der Lamina 141.

14. Polarisation der Schwingungen in heliotropischen Zweigen.

An den horizontalen Steindeckplatten einer Mauer waren die Epheusprosse horizontal gewachsen unter dem Einfluss des negativen Heliotropismus. Die in der Entfaltung begriffenen Blättchen

hatten ihre Lichtdrehung bereits vollendet, so dass der Spross schon eine Lichtober- und Schattenunterseite aufwies. Die Spitzen der Sprosse waren schwach negativ geotropisch gekrümmt. Die Luftwurzeln, welche reihenweise an der Schattenseite entstehen, waren noch nicht gebildet. In solchen Zweigen müssen Schwingungen polarisirt sein für den Längenzuwachs, für die Kambialthätigkeit, die Blattstieltorsion und den Zuwachs der Laubblättchen. Vier möglichst gleiche solcher Zweiglein wurden in vier verschiedenen Lagen in die Rezipienten gebracht:

Serie 161.

Hedera Helix, heliotropische Zweige an einer Mauer in horizontaler Lage.

24. Mai. Versuchsdauer 14 Stunden. T 17—17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Zweige lotrecht aufrecht .	0,8	0,2	4,00	48,94
3	„ „ „ abwärts .	0,92	0,23	4,00	37,89
4	Die Zweige horizontal, Unterseite nach oben	0,90	0,24	3,750	44,35
5	Die Zweige horizontal, Oberseite nach oben	1,1	0,25	4,40	111,00

R 137. — Der geringste Wert für A kommt der Umkehrung bei Horizontalstellung zu, R 4. Der dreifache Wert der Normalstellung, R 5. R 2, die Normalstellung für das Lot gegenüber R 3, koinzidirt mit allen früheren Messungen an solchen Sprossen, (Übereinstimmung mit Serie 151).

Die Lysimachia Nummularia, welche jeder leicht aufgreifen kann, hat dieselben Tendenzen wie der Epheu, nur drehen sich hier noch alle Lotwirtel bis die Blattebenen aller Wirtel im Horizont stehen. Die Atmungsenergie ist hier sehr viel kleiner, gleichwohl zeigt der Versuch dieselben merkwürdigen Ausschläge:

Serie 162.

Lysimachia Nummularia, die Kriechstämme beblättert, die Lotwirtel sind alle gedreht, so dass alle Wirtel im Horizont stehen, alle Oberseiten der Blätter nach oben. Dauer 24 Stunden. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Der beblätterte Stamm im Lot aufrecht	0,5	0,13	4,966	2,25
4	Der beblätterte Stamm horizontal, Oberseite nach oben . . .	0,5			2,58
5	Der beblätterte Stamm horizontal, Unterseite nach oben . . .	0,49			2,21

R 138. — Auch hier zeigt die Normallage im Rezipienten 4 die Übereinstimmung mit dem Eichenblatt im Versuch (s. oben Serie 151) mit dem Blatt von Vitis (s. oben Serie 152).

15. Aktuelle Energie der Schlingpflanzen.

In der ganzen Reihe von Differenzversuchen ist keine so glatt und durchschlagend wie die nachfolgende, bis auf eine einzige nicht entscheidende Differenz. Hopfen und Brennnessel, der eine mit grösster Kletterenergie, die andere mit grosser Zuwachsenergie, dabei genetisch die nächste Verwandtschaft.

Vier Phasen kommen für den Hopfen in Betracht: 1. die jungen Interfolien vor der Torsion; 2. die älteren Interfolien während der Torsion; 3. die älteren während des Umschlingens der Stütze und 4. dieselben Interfolien, aber nicht schlingend.

Serie 163.

Vergleich von Humulus lupulus und Urtica dioïca.

I. Jüngere Interfolien bei Humulus ohne Torsion.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Humulus lupulus, junge Interfolien lotrecht aufrecht	1,2	0,10	12,00	211,00
3	Humulus lupulus, junge Interfolien lotrecht umgekehrt	1,03	0,10	10,30	285,80

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Urtica dioïca, junge Interfolien lotrecht aufrecht	1,05	0,06	16,66	195,4
5	Urtica dioïca, junge Interfolien lotrecht umgekehrt	1,90	0,11	17,22	137,4

Der Hopfen zeigt eine höhere Atmungsgrösse. Der Versuch ergiebt nicht die vollkommenste Koinzidenz der Kohlensäurenenergie und Lagen. Der höhere Maximalwert von 285 cm³ für die volle potenzielle Energie kommt der inversen Lage zu.

Die Torsionsenergie beginnt jetzt bei dem Hopfen:

Serie 164.

II. Ältere Interfolien bei Humulus 100—150 mm mit Torsionen bis zu einem bis anderthalb Kreisumläufen.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Humulus lupulus, die Interfolien aufrecht	2,95	0,22	13,41	83,20
3	Humulus lupulus, die Interfolien umgekehrt	2,50	0,30	8,33	81,66
4	Urtica dioïca, die Interfolien aufrecht	2,80	0,21	13,34	45,63
5	Urtica dioïca, die Interfolien umgekehrt	2,65	0,31	8,275	16,55

Die Koinzidenz ist für Atmungsgrösse und Lage für Urtica noch durchschlagender wie unter I. A ist jetzt von 285 auf 83,81 gesunken.

Serie 165.

III. Humulus lupulus; stark tordirte Interfolien; nachts starke Turgeszenz. 21. Mai. Dauer 4 Stunden. T 18—20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Erstes und zweites Interfolium, lotrecht aufwärts	1,1	0,15	7,333	115,0

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Erstes und zweites Interfolium, lotrecht abwärts	1,2	0,201	5,970	99,40
4	Drittes und viertes Interfolium, lotrecht aufwärts	3,15	0,35	8,999	120,7
5	Drittes und viertes Interfolium, lotrecht abwärts	2,85	0,30	9,499	77,50

In diesem Versuch, welcher den Nachtzustand der Pflanze herausgreift, kommt die absolute Koinzidenz der Kohlensäuremengen, der Lage und Steigerung der Atmungsgrösse zum vollen Ausdruck. Die Pflanze hat den Akt des Schlingens nicht vollführt.

Zum Schluss hat die Pflanze diesen Akt vollführt:

Serie 166.

IV. Humulus lupulus; der Akt des Schlingens. 29. Mai. Dauer 10 Stunden. T $17{,}5-18^0$ C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Schlingendes Interfolium, 2 Kreisumlaufe	2,3	0,27	8,517	51,11
3	Nichtschlingendes Interfolium, dieselbe Länge wie 2.	1,85	0,24	7,709	35,00

Sie zeigt jetzt im schlingenden Zustand 51, im nicht schlingenden 35 cm^3.

Von I nach IV sind die Atmungsgrössen von 285 auf 35 bis 51 cm^3 gesunken. Die Koeffizienten der materiellen Erstarkung $\frac{F}{T}$ sind von 10—13 auf 7—8 gesunken. Die Erstarkung ist gewachsen, die Bewegungsenergie erloschen, die Atmungsgrösse im Sinken.

Torsion und Retorsion.

Die merkwürdigste Beziehung ist die Verminderung von A durch Torsion und Retorsion. Die nicht tordirten Sprosse (beide sind kantig) werden mit dem unteren Ende an Glasstäbe festge-

bunden und vorsichtig tordirt. Nachdem der gewünschte Torsionsgrad erreicht ist, werden sie mit Bindfaden in dieser Lage festgebunden.

Serie 167.

Torsion und Retorsion an 15 cm langen Zweigabschnitten.
Humulus lupulus und Sambucus nigra. 14. Juni. Dauer 5 Stunden. T 20—20,7° C.

		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Sambucus ohne natürliche Torsion und nicht künstlich tordirt .	3,5	0,40	8,757	436,9
3	Sambucus ohne natürliche Torsion, aber um 1 Kreisumlauf künstlich tordirt	4,0	0,45	8,890	80,89
4	Humulus mit natürlicher Torsion von 3/4 Kreisumlauf	1,45	0,26	5,577	127,6
5	Humulus mit natürlicher Torsion von 3/4 Kreisumlauf, um ebensoviel künstlich retordirt . .	1,20	0,22	5,468	72,73

R 139. — Die Energie der äusseren Arbeitsleistung der beiden Zweigabschnitte ist ausserordentlich verschieden. Die Maximal-Atmungsgrössen in den Serien 163 und 164, von dem jüngeren nach dem älteren Interfolium:

Humulus 285 83
Urtica 195 45.

Der wissenschaftliche Wert des Vergleiches kann meinetwegen bezweifelt werden.

R 140. — Bis auf die Differenz 2, 3 Serie 163, folgen beide Pflanzen dem Vorgang in den Serien 137—138. Für die Umkehrung sinkt A.

R 141. — Geht das jüngere Interfolium von Humulus in den Zustand der Torsion, welcher in der Phase vor dem Zustand des Schlingens liegt, so entspricht dieser aktuellen ein Sinken der potenziellen Energie. Mit diesem Übergang koinzidirt das Sinken von A von den Werten 211, 285 nach 83, 81. Zieht man die starke Nachtturgeszenz heran, so ist dies Sinken ausgedrückt durch 211, 285 nach 115, 120 für die Normallage. Geht das ältere Inter-

folium in den Akt des Schlingens über, oder beteiligen sich mehrere Interfolien gleichzeitig, so erfolgt durch diese Bewegung ein weiterer Verlust der aktuellen Energie und damit ein Sinken von A

von 83 . 81 nach 51
beziehentlich „ 115 . 120 „ 51.

Dieselbe Phase eines nicht schlingenden Interfolium weist für A den Wert 35 auf, im Ganzen also von der jüngsten ersten nach der letzten Phase für A von

211 . 285 nach 51 bis 35.

Das sind Übergänge, wie sie in keinem früher betrachteten Phasenwechsel vorkommen.

R 142. — In einem Interfolium von Sambucus, welches, der Natur der Art entsprechend, keine Tendenz zur Torsionsbewegung hat, müssen die supponirten Molekularschwingungen, welche mit der Atmung abschliessen, vorherrschend parallel der geometrischen Axe und senkrecht zu dieser vor sich gehend gedacht werden. Bei der Torsionsbewegung von Humulus müssen die supponirten Längsschwingungen in Richtungen vor sich gehen, welche von der geometrischen Axe des Sprosses merklich abweichen. Ein überaus kräftiges Interfolium mit hoher potenzieller Energie von Sambucus nigra wird um einen Kreisumlauf künstlich tordirt. A ist im Versuch

vor der künstlichen Torsion 436 (ein ausserordentlich hoher Wert)
nach „ „ „ 80,89.

Ein ebenso kräftig turgeszenter Abschnitt von Humulus, welcher seine natürliche Torsion um 3/4 Kreisumläufe vollführt hat, zeigt für A 127, ebensoviel künstlich retordirt 72. Hieraus folgt: künstliche Torsion und Retorsion an wachsenden nicht tordirenden und natürlich tordirenden Sprossen bringen den Wert A zum plötzlichen Sinken. Es entsprechen solche künstliche Eingriffe Störungen der Schwingungen, wie sie in den früheren Serien durch Lagenänderung zum Lot und durch Schütteln herbeigeführt wurden, und hieraus der Satz:

R 143. — Unter dem Einfluss der Gravitation gradlinig im Lot wachsende Sprosse müssen nach dem Gesetz des Partiärzuwachses (Fig. 7) für das Längenwachstum Schwingungen der Molekeln aufweisen, welche mit der geometrischen Axe zusammenfallen, und abweichend von allen Schwingungen in Stäben aus un-

belebten Materien (Saite, Stahlstreifen u. s. f.) ungleiche Amplitude der Schwingung aufweisen. Der grössere Ausschlag geht von der Anfangslage nach der Zuwachsrichtung also nach dem Scheitel, der kleinere nach der ausgewachsenen Basis des Organes. Die Gravitation ist hiefür die Ursache. In dem Komplex solcher Schwingungen liegen solche, welche mit der Verbrennung eines Teiles des Kohlenstoffes abschliessen, daher muss der Wert A von der Intensität des gesamten Komplexes der Längsschwingung abhängig sein. Die Umkehrung des Sprosses verkleinert jene grössere Amplitude, wirkt also wie eine Störung der Schwingung, A sinkt.

Hat ein gegebener Spross nur solche axile Schwingungen wie Sambucus, so wächst er ohne Torsion, wird aber jener Störung unterworfen, wenn durch künstliche Torsion die Normalaxilschwingungen aus ihrer Richtung abgelenkt werden. A sinkt jetzt, auch wenn der Spross in seiner Gesamtheit die Lotnormallage beibehält.

Die Wirkung der künstlichen Retorsion an einem Hopfenspross, der seine natürliche Torsion soeben ausführt oder kurz vor dem Versuch ausgeführt hat, versteht sich hienach von selbst, sie zwingt Schwingungen von gegebener Richtung nach der entgegengesetzten, wodurch offenbar lebendige Kraft verloren geht, oder aber sie vernichtet als gröbst denkbarer Eingriff die zartsaitigen Schwingungen, welche von den Axilschwingungen abweichen. Sie führt zur Minderung der Intensität eines Teiles der Schwingungen oder des ganzen Komplexes. Die Atmungsgrösse A sinkt infolgedessen.

Serie 168.

Convolvulus sepium. Torsion und Retorsion.

16. Juni. Dauer 1—2 Stunden. T 19,5—20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
6	15 cm lange entblätterte Schlingen, $1^1/_2$ Kreisumläufe	2,8	0,301	9,302	237,1
6	15 cm lange entblätterte Schlingen, um $1^1/_2$ Kreisumläufe retordirt				208,2

R 144. — Das Resultat stimmt mit den Serien 167. A sinkt von 237 auf 208.

Serie 169.

Phaseolus multiflorus, Schlingstamm. 9. Juli. Dauer 5 Stunden. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
1	Junges Interfolium vor dem Schlingen	1,40	0,20	7,00	116,0
3	Junges Interfolium während des Schlingens	3,85	0,50	7,70	90,31
3	Junges Interfolium vor dem Schlingen auf eine 5 mm Glasröhre gewickelt, nach der Gewohnheit L—R	1,80	0,22	8,185	104,6
4	Junges Interfolium wie vorher, gegen die Gewohnheit von R—L gewickelt	0,90	0,16	5,623	115,0

R 145. — Es ist derselbe Phasenübergang wie bei Humulus, während des Schlingens sinkt A von 116 : 90. Hier wurden die Schlingen künstlich auf Glasstäbe nicht tordirt, sondern gewunden. Geschieht dies in der gewohnten Richtung links nach rechts, so sinkt A von 116 nach 104,6. Geschieht es von rechts nach links, also gegen die Gewohnheit der Pflanze, so sinkt A von 116 nach 115. Somit Bestätigung von R 142. Das künstliche Winden ist ein sehr viel weniger grober Eingriff in die Molekularanordnung (Molekulargefüge), wie die Torsion und Retorsion.

16. Nutirend gekrümmte Zweige.

Ampelopsis quinquefolia zeigt die Zweigspitze hakenförmig eingekrümmt während der Monate Juni, Juli, August. Die Krümmungsebene liegt im Lot, der Spross zeigt während dieser Zeit den bekannten mächtigen Längenzuwachs. Hieraus folgt: die Cylinderabschnitte, welche aus dem Zustand der grösseren potenziellen Energie in der Nähe des Sprossscheitels in die Streckung übergehen, krümmen sich in die Nutationslage und gehen in späterer Phase wieder in die gerade Lage zurück. Dies Spiel dauert den ganzen Sommer.

Serie 170.

Ampelopsis quinquefolia. Nutirendes Stammende. 11. Juli. T 18,5—19° C.

R		F	T	F/T	A
I	Konvexität des Bogens nach unten	2,90	0,35	8,285	203,7
II	„ „ „ „ oben	3,30	0,46	7,173	138,9
3	Das nutirende Ende in die gerade Lage, gezwungen aufrecht . .	2,15	0,295	6,288	153,3
6	Dasselbe, ebenso umgekehrt . .	1,85	0,25	7,401	189,2

R 146. — Die Differenzen I und II sind von Belang: Wird jenes hakenförmige Endstück in der Lotlage in den Gasrezipienten gebracht, so dass die Konkavität nach oben, nach dem Zenith gekehrt ist, so befindet sich das Cylinderstück, welches mit dem Vegetationsscheitel endet, in der Normallotlage. Der Scheitel liegt zenithwärts. A erreicht den Maximalwert mit 203. Liegt der Hakenspross mit der Konvexität nach oben, so liegt der Scheitel erdwärts. Das Cylinderstück verhält sich wie ein umgekehrter geradläufiger Spross. A sinkt auf 138. Wird der Spross vorsichtig zur geradläufigen Lage gezwungen an einem Glasstab festgebunden, es ist dies immer noch, gegenüber den zarten Molekularbeziehungen, ein sehr roher Eingriff, wie vorher das künstliche Tordiren und das künstliche Aufwickeln (s. Serie 168, 169), so zeigt er in der Normallotlage für A 153, in der umgekehrten Lotlage 189. Beide Werte liegen unter dem absoluten Maximum 203.

17. Die Ranke in aktueller Energie.

Die Blattranke der Erbse erreicht in keiner Phase die Atmungsgrösse des Blattes.

Serie 171.

Pisum sativum. 23. Mai. Versuchsdauer: Blätter 3 Stunden 15 Minuten, Ranken 9 Stunden 30 Minuten. T 18—19° C.

R		F	T	F/T	A
II	Blätter	2,06	0,35	5,886	175,8
4	Geradläufige Ranken, welche noch nicht gegriffen haben . . .	0,94	0,15	6,266	118,6
5	Spiralige Ranken, welche schon gegriffen haben	0,73	0,15	4,866	82,81

R 147. — Die Atmungsgrösse der Ranke in der potenziellen Energie, mit dem immerhin hohen Wert von 118 cm^3 Kohlensäure, sinkt auf 82 cm^3 nach Vollführung der aktuellen Energie.

Serie 172.

Vitis vinifera. 14. Juni. Dauer 2 Stunden 3 Minuten. T 20—21° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Ranken der jüngsten Interfolien vor dem Greifen, aufrecht im Lot	3,7	0,6	6,166	140,00
3	Ranken der älteren Interfolien während sie greifen, aufrecht im Lot	4,63	0,6	7,716	87,50
4	Die drei oberen Interfolien während der Nutation	2,49	0,4	6,222	152,2
5	Die 4—5 unteren Interfolien nach der Nutation	6,00	0,7	8,572	156,4
2a	Die jüngsten Ranken wurden nun umgekehrt, ergeben nach 3 Std.				73,89

R 148. — Die Differenz 2, 2a, zunächst: Die gradläufige junge Ranke in voller potenzieller Energie verhält sich in Bezug auf die Geopolarisation der Molekularschwingungen wie saftige Sprosse, sie zeigt in der Normallotlage für A 140. Der Wert sinkt auf 73 bei der Umkehrung. Die Differenz 2 . 3: geht die junge Ranke in die aktuelle Energie über, so sinkt A von 140 auf 87, der Wert $\frac{F}{T}$ ist hier im Wachsen von 6,1 auf 7,7. Die Differenz 4 . 5: mit dem Geradestrecken des nutirenden Endes (vgl. Serie 170) der Interfolien wächst A von 152 nach 156.

Serie 173.

Kürbisranke.

6. Juli. Dauer 14 Stunden 20 Minuten. T 18,5—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Junge Ranken vor der Spiralrollung	1,301	0,16	8,130	68,93
3	„ „ nach „ „ und vor dem Greifen	0,730	0,11	6,636	42,51

R		F	T	F/T	A
4	Junge Ranken nach d. Spiralrollung und nachdem sie gegriffen haben	1,220	0,13	9,387	40,81
5	Junge Ranken künstlich um eine 5 mm dicke Glasröhre gerollt	0,760	0,096	7,916	93,05

Die künstlich gerollten Ranken behalten die erzwungene Schraubenform bei. Der grosse und ganz befremdende Ausschlag der Differenz 2, 5 veranlasste die Wiederholung.

Serie 174.

Kürbisranke.

7. Juli. Dauer 21 Stunden. T 18° C. Auf das Trockengewicht berechnet.

R		F	T	F/T	A
2	Junge Ranken vor d. Spiralrollung	1,25	0,14	8,930	135,4
5	Junge Rank. künstlich auf eine 5 mm dicke Glasröhre aufgewickelt .	0,82	0,11	7,454	158,9
	Derselbe Versuch auf das Frischgewicht berechnet.				
2	Junge Ranken vor der Rollung .				15,16
5	Junge Ranken künstlich gewickelt				21,31

R 149. — Der Übergang von der potenziellen zur aktuellen Energie lässt A sinken durch die Werte 68 nach 42 und 40. Volle Bestätigung des früheren. Die künstliche Aufrollung junger Ranken auf Glasröhren erhöht A von 68 auf 93, im 2ten (Kontrol-)Versuch von 135 auf 158.

18. Geopolarisation der Schwingungen in Infloreszenzen zygomorpher Blüten.

Die ins Lot orientirten Pflanzen, draussen im Freien herausgegriffen, zeigen Längen der Infloreszenz von 2—3 cm im Knospenzustand und haben die Tendenz, in wenigen Tagen Längen von 5—6 cm zu erreichen. Jede Einzelblüte hat die Tendenz, vorherrschend in der Längenrichtung der zygomorphen Blüte Schwing-

ungen zu vollführen, welche zur stabilen Endgestalt hinführen. Die Hauptschwingungsrichtung muss in dem gegebenen Blütenkomplex nahezu ins Lot fallen.

Serie 175.

Zygomorphe Blüten im Knospenzustand der Infloreszenz.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	21. Mai. Dauer 8 Stunden 30 Minuten. T 18° C.				
2	Ajuga reptans, die Infloreszenz lotrecht aufrecht	1,5	0,24	6,250	23,04
3	Ajuga reptans, die Infloreszenz lotrecht abwärts	0,99	0,21	4,714	22,42
	21. Mai. Dauer 8 Stunden 30 Minuten. T 17—19° C.				
2	Trifolium incarnatum, die Infloreszenz lotrecht aufrecht . .	3,85	0,80	4,812	127,4
3	Trifolium incarnatum, die Infloreszenz lotrecht abwärts . .	3,25	0,73	4,452	96,38

Serie 176.

Phyteuma spicatum. 22. Mai. Dauer 2 Stunden 30 Minuten. T. 17—17,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die geschlossene Infloreszenz lotrecht aufrecht	4,65	0,92	2,79	121,4
3	Die geschlossene Infloreszenz lotrecht abwärts	4,30	0,75	2,20	117,3

R 150. — Alle solche Infloreszenzknospen in der Aufrechtstellung zeigen höhere Atmungsgrössen wie in der inversen Lage.

19. Komplexe Schwingungen zwischen Wachstum der Zygomorphie und Energie der Resupination.

Die Vorgänge sind in zweierlei Sinne komplexe: Jede der Blüten an einer Orchis-Infloreszenz durchlauft 3 Phasen, sie zeigt zuerst die mächtige Streckung, welche zur Zygomorphie führt. Diese Schwingungen fallen ins Lot, ehe die Resupination beginnt. Sie be-

ginnt die Resupination, welche die Blüte um 180° dreht und vollführt noch jene Streckung und endlich: sie hat die Drehung fast vollständig oder vollständig vollführt, während auch ihre Streckung fast vollständig oder vollständig beendet ist. Dies alles gegenüber den nicht resupinirenden zygomorphen Infloreszenzen der Gruppe 18: Phyteuma, Ajuga. Zum zweiten ist der Vorgang komplex: An derselben Infloreszenz führen zwar alle Blüten die Resupination in der gleichen Drehungsrichtung durch, sie stehen aber in verschiedener Phase für beide Vorgänge. Unten stehen Blüten in voller Energie der Drehung, oben hat diese noch nicht begonnen; unten stehen ausgewachsene, oben solche in der vollen Streckung. Wir beginnen mit den ausgewachsenen Infloreszenzen.

Serie 177.

Orchis mascula. 28. Mai. Dauer 23 Stunden. T 16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
6	Die geöffnete Infloreszenz aufrecht nach der Vollendung	3,1	0,35	8,857	3,595
6	Die geöffnete Infloreszenz abwärts nach der Vollendung				3,689

R 151. — Der Versuch sagt aus: Nach vollendeter Resupination, nach vollendeter Streckung der Zygomorphie ist die Atmungsgrösse im Minimum, weist keine Differenz für Lagenänderung auf.

Im nächsten Versuch sind die unteren Blüten soeben mit der Drehung fertig, die oberen beginnen dieselbe:

Serie 178.

A. Orchis maculata, während der Blütendrehung.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	29. Mai. Dauer 10 Stunden. T 16,5—18,5 ° C.				
4	Die Infloreszenz aufrecht im Lot	2,85	0,41	6,950	62,43
5	„ „ abwärts „ „	2,75	0,35	7,856	59,43
	B. Dieselbe. Dauer 7 Stunden. T 16,5—18° C.				
4	D. Infloresz. horizont., vorh. aufrecht				53,65
5	„ „ „ „ abwärts				55,91

R 152. — Die Werte für A in jüngeren Infloreszenzen liegen zwischen 53 und 62, also das 15- bis 20fache bezogen auf Serie 177. Ganz entsprechend den früheren Differenzen an vegetativen Organkomplexen ergiebt die Differenz A 4,5 Herabminderung der Atmungsgrösse. Die kleinsten Werte für A aber liegen in der Horizontalstellung der Infloreszenzaxe (Differenz B 4,5).

Serie 179.

Gymnadenia conopsea. Infloreszenzen im Knospenzustand, 20—30 mm lang, am 28. Mai.

Nahezu das gleiche Frischgewicht der Infloreszenzen wird in zwei Reagenzcylindern untergebracht. In dem einen Cylinder stehen die Gebilde aufrecht, im andern abwärts, beide im Lot. Sie werden in dieser Lage in die Rezipienten gebracht; nach 6 Stunden 45 Minuten ergiebt die Ablesung:

Serie 180.

A. T 16,5—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
5	Die Infloreszenzen aufrecht . ↑	3,6	0,498	7,03	66,64
6	„ „ abwärts . ↓	3,6	0,550	6,55	56,03

Die beiden Rezipienten wurden nun horizontal gestellt; nach 4 Stunden ergiebt die Ablesung:

Serie 181.

B. T 17—18° C.

R		A
5	Die Infloreszenzen zuerst aufrecht, sodann horizontal	63,25

R 153. — Wenn man beachtet, dass die sämtlichen hier realisirten Differenzen wohl „reine Differenzen" für je eine Serie, für die aufeinanderfolgenden Serien 177 bis 181 aber wegen der Phasenänderung der Sexualorgane der Natur der Sache gemäss „unrein" sind, so muss diese Serie 180 wegen der vollen Koinzidenz

ins Auge fallen. Der Maximalwert in der Normallotlage für A 66, in der Umgekehrten 56, für die Horizontalstellung der geforderte Mittelwert 63.

Serie 182.

Sehr viel reiner ist die Differenz bei Spartium in voller Drehungsenergie.

Spartium scoparium, Blüten während der Resupination, Blütenknospen bis 10 mm lang. 1. Juni. Dauer je 2 Stunden. T 20,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Blüten im Lot aufrecht .	2,55	0,55	4,635	143,0
	„ „ „ „ abwärts .				102,9

R 154. — Hier ist die Differenz 41 cm³ für 100 Stunden für 1 g des Trockengewichtes!

Zusammenstellung. — Die Maximalwerte für A sinken in Infloreszenzen (der Orchideen) vom Knospenzustand der Infloreszenz, welche Drehblüten enthält, nach dem fertigen Zustand der Blüten von 66 auf 3,689. Die Schwingungen, welche dem Torsionswuchs des unterständigen Fruchtknotens zu Grunde liegen, sind durch die Gravitation polarisirt. Die Umkehrung der Lotlage bewirkt, dass der Wert für A im Maximum (Serie 180) sinkt von 66,64 auf 56,03. Dieselbe Umkehrung ergiebt bei Spartium ein Sinken für den Wert A von 143 auf 102. Gegenüber der Polarisation für die Torsion von Humulus ausserordentlich hohe Werte.

20. Geopolarisation in aktinomorphen Infloreszenzen.

Genau dieselben Summirungen unendlich winziger Arbeits- oder Energieleistungen, wie sie für die Nadeln an einem soeben sich entfaltenden Fichtentrieb, an den zahlreichen Blüten einer Phyteuma, Orchis, Papilionaceeninfloreszenz zu Stande kommen, müssen auch in einer Infloreszenzknospe der Kompositen herrschen. Die Scheibe von Chrysanthemum leucanthemum hat 8—10 mm im Durchmesser und steht in der Streckungstendenz nach 20—25 mm des Durchmessers. Viele hundert Blüten rücken hiebei in der

Richtung der Kontaktkurven auf grössere Distanzen. In jeder Blüte aber fordert die Streckung parallel der Scheibenaxe Schwingungen in dieser Richtung. Solche 5—10 mm Scheiben werden auf Drähte gereiht in die Rezipienten eingesetzt.

Die Schwingungskomplexe in der Scheibe erfahren nach unserer Theorie die geringste Störung, wenn die Scheibenaxe aufrecht steht, der Scheitel zenithwärts. Steht die Scheibenaxe im Horizont, so müssen assymetrische Verschiebungen, wenn man so sagen darf, der Schwingungen zu stande kommen.

Serie 183.

Chrysanthemum leucanthemum. Infloreszenz-Knospen. 5—8 mm im Durchmesser.

1. Juni. Dauer 2 Stunden zu jedem Versuch. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
6	Die Infloreszenzaxe aufwärts i. Lot	3,55	0,65	5,458	146,2
„	„ „ abwärts „ „				114,7
„	„ „ horizontal . .				44,84

R 155. — Die Transversal- und Longitudinalschwingungen müssen die herrschenden sein. Die grösste Koinzidenz der Schwingungsrichtung und der Gravitationsrichtung wird herrschen, wenn die Infloreszenzaxe aufwärts im Lot steht, die mittlere Koinzidenz, wenn die Infloreszenzaxe umgekehrt steht und die kleinste, wenn die Scheibenaxe horizontal steht. Die Horizontalschwingungen in der Scheibe machen jetzt verschiedene Winkel zur Schwerkraftrichtung die Longitudinalschwingungen der Scheibe, welche grösste Werte haben müssen, wenn sie mit dem Lot zusammenfallen, gehen jetzt senkrecht zum Lot vor sich. Die Koinzidenz ist nach den Messungen eine vollständige.

21. Blüten mit grosser potenzieller Energie.

Reizbare Blütenteile und Springfrucht.

In einigen Blüten wird potenzielle Energie so gehäuft in der Gewebespannung, dass die Organe, hier die Filamente, bei ausserordentlich kleinen Anstössen, relativ hohe lebendige Kraft der Be-

wegung zeigen. Diese Reizbewegungen wiederholen sich, die Organe gehen in die Anfangslage zurück und sind von neuem für die minimalen Reizanstösse empfänglich. Es war zu erwarten, dass solche Blüten, entsprechend der in ihnen gehäuften potenziellen Energie, höhere Werte für A zeigen.

Serie 184.

Centaurea Cyanus. 18. Juni. Dauer 2—3 Stunden. T 16° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	10 mm lange Knospen der Infloreszenz lotrecht	2,00	0,55	,3594	71,53
2	10 mm lange Knospen der Infloreszenz lotrecht				74,11
II	Drei offene Infloreszenzen . .	1,15	0,32	3,636	76,26

R 156. — Die Blüten der offenen Infloreszenzen zeigen etwas höheren Wert für A gegenüber den Knospen.

Serie 185.

Berberis vulgaris, Blütenknospen und Blüten.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	24. Mai. Versuchsdauer 2 Stunden. T. 17° C.				
I	Die Blütenknospen	2,1	0,42	5,000	139,2
II	Die Blüten	1,55	0,43	3,604	95,35
	4. Mai. Dauer 5 Stunden. R 15,5° C.				
II	Mahonia (Berberis aquifolium), offene Blüten			4,827	166,90

R 157. — Der Maximalwert der fertigen Blüte 166 ist ein sehr hoher Wert zu nennen.

Ein grösseres Interesse beansprucht Impatiens noli me tangere.

Serie 186.

Impatiens noli me tangere.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	16. Juli. Dauer 13 Stunden. T 19° C.				
4	Blütenknospen	1,15	0,198	3,27	127,10
I	Blüte	1,60	0,200	3,21	123,50
II	Junge Früchte kurz nach dem Abblühen	0,55	0,12	1,93	123,70
2	Laubblätter	2,45	0,50	4,90	98,93
3	Stengel	4,80	0,35	13,71	62,41
	20. Juli. Dauer 3 Stunden 10 Minuten. T 19,5—20° C.				
I	Die Früchte kurz, vor und während der Explosion	0,70	0,101	6,931	319,6

R 158. — Hier sind für alle Organe mit Ausnahme der Wurzeln die Werte von A bestimmt. Alle Organe konnten, wiewohl verschiedene Phasen für Blüte und Frucht herangezogen wurden, an dem gleichen Tag untersucht werden. Der Minimalwert von A kommt dem succulenten Stengel, der nächste den Blättern zu; Blüte und jüngste Früchte zeigen nahezu denselben Wert 123. Dann aber steigt A in der succulenten Springfrucht auf 319. Bei allen andern Früchten (s. oben und die nächste Serie) sinkt die Atmungsgrösse.

22. Polarisation der Schwingungen an Früchten und Samen.

Der Fruchtzapfen von Pinus Strobus steht am 24. Mai des zweiten Jahres wohl in der komplizirtesten Schwingungsphase. Er ist 40 mm lang, von einer Anfangslänge von 15 mm eilt er einer Endlänge von 120—150 mm entgegen. Alle inneren Gewebe sind in mächtiger Verschiebung der Teile begriffen. Das Sekundärendosperm ist gebildet, die Korpuscula stehen vor dem Akt des Empfangens, die Pollenschläuche sind im Wachsen begriffen. Drei nahezu gleiche Zapfen unter dem Einfluss solcher Schwingungskomplexe müssen die beträchtlichsten Atmungsdifferenzen aufweisen.

Serie 187.

Pinus Strobus, der weibliche Zapfen.
24. Mai des zweiten Jahres. Dauer 3 Stunden 30 Minuten. T 18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Der Zapfen lotrecht aufrecht . .	4,35	1,25	3,484	71,53
II	„ „ „ abwärts . .	4,01	1,201	3,339	61,13
III	„ „ horizontal	4,40	1,30	3,386	65,28

Durchschlagendster Versuch.

Serie 188.

Pinus Strobus. 18. Juni. Dauer 3 Stunden 40 Minuten. T 16,5—18° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Fruchtzapfen im Lot aufrecht, Scheitel nach oben	12,4	3,30	3,758	25,08
2	Die Fruchtzapfen im Lot umgekehrt, Scheitel nach unten	8,5	2,40	3,542	23,11

Serie 189.

Pinus Strobus. 7. Juli. Dauer 3 Stunden. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Der Zapfen im Lot umgekehrt .	14,4	3,6	4,00	15,92
4	„ „ „ „ aufrecht . .	16,5	4,3	3,776	16,90

R 159. — Genau wie in Früchten (s. oben) sinkt der Wert vom 24. Mai ab. In allen Phasen aber herrscht der durchschlagende, auch für die Horizontalstellung koinzidirende Unterschied für die Lagenänderung. Bezieht man einen Teil der Schwingungen auf die Embryonen, von welchen für jede Fruchtschuppe im Beginn 8, später 2 zur Wirkung kommen, so lautet Definition und Folgerung: Für die Embryonen kommen, der Theorie nach, vorherrschend Längsschwingungen in Betracht, da dieselben ihre Streckungen genau in der Axe der Keimknospe ausführen. Auch die Vorstösse der Vorkeime in das Endosperm fordern Längsschwingungen.

Steht der Zapfen (welcher am Baum in der That hängt), im Rezipient aufrecht im Lot, sein Scheitel zenithwärts, so befinden sich die Embryonen in der Normallage: der Wurzelpol des Embryo ist erdwärts, der Stammpol zenithwärts gerichtet. Für diese Lage ergeben sich die Maximalwerte für A im Beginn, wo die potenzielle Energie kulminirt, 71,53 gegenüber 61,13. Am Schluss (Serie 189, 7. Juli) 16,9 gegenüber 15,92. Die Differenz im Beginn 10,40, am Schluss 1,53.

Noch bedeutender tritt dieses hervor bei der Wallnuss, wo das Verhältnis der Lage sich umkehrt:

Serie 190.

Juglans regia, Frucht. 7. Juli. Dauer 3 Stunden. T 18—19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Die Nuss aufrecht, Narbe nach oben	10,65	1,3	8,194	29,49
I	„ „ umgekehrt, „ „ unten	10,65	1,3		45,29

R 160. — 14. Definition: Normallage ist die Lage eines geradläufigen Keimling (Embryo), in welcher die Axe desselben so im Lot liegt, dass der Wurzelpol dem Mittelpunkt der Erde, der Stammpol dem Zenith zugekehrt ist. Steht die Wallnuss im Gasrezipienten aufrecht, der Narbenpol zenithwärts, so ist der Keimling, welcher hier am 7. Juli die enorme potenzielle Energie hat, von einer Länge von 3—5 mm nach einer Länge von 20—30 mm heranzuwachsen, nicht in der Normallage, (da das Ovulum, die Samenknospe aufrecht orthotrop ist). In dieser inversen Lage wird für A der Wert 29,49 erhalten. Steht die Wallnuss mit dem Narbenpol erdwärts, so liegt der heranwachsende Keimling in der Normallage. Für A ergiebt sich der Wert 45,29.

Serie 191.

Roggenähren, die Keime ausgewachsen, aber noch zerdrückbar.
29. Juli. Dauer 13 Stunden. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
3	Drei Ähren im Lot aufrecht . .	10,95	5,70	1,922	10,98
4	„ „ „ „ umgekehrt .	10,65	6,35	1,677	9,249

Sinken der Atmungsgrösse (s. oben S. 243 und Polarisation im Embryo).

R 161. — Mit Bezug auf R 160 und R 159 liegt der Embryo in der Normallage. Dies kommt in der Differenz für A 3, A 4, wenn schon ein nur kleiner Unterschied herrscht, zum Ausdruck. (Die Maximalwerte liegen in der Serie 110.) In der Frucht sind in heranwachsenden geradläufigen Keimlingen (Juglans, Pinus, Secale) alle Schwingungen, welche mit der Kohlensäurebildung abschliessen, durch die Gravitation polarisirt. Das Maximum von A gehört der Normallage der Keimlinge.

23. Äussere Arbeit und Atmung.

Künstliche Belastung der Erbsenkeimaxe.

Von den auf Drähte gereihten Samen wurden vier gleichmässig entwickelte Keimpflanzen gewählt. An zweien wurden die Wurzeln entfernt. Die Drähte stehen in Reagenzcylindern. Diese werden in die Gasrezipienten eingesetzt. Zwei der 2,5 cm langen Keimaxen erhalten Staniolkäppchen, jedes zu 5 g Gewicht. Nach 10 Stunden 30 Minuten, bei 16—17° C, haben die Pflänzchen Kohlensäure ausgeschieden.

Serie 192.

R		CO_2 cm^3
2	Pflänzchen mit Wurzeln ohne Belastung	0,53
3	„ „ „ mit „	0,44
4	„ ohne „ ohne „	0,28
5	„ „ „ mit „	0,68

An dem Pflänzchen des R 2 haben sich in den 10 Stunden die Seitenwurzeln entwickelt, an dem Pflänzchen des R 3 nicht. Es ist daher die Differenz R 2 und R 3 unrein. Die Differenz R 4 und R 5 ist rein.

R 162. — Der Versuch sagt aus: Von zwei gleichen Keimaxen scheidet die mit 5 g belastete über die doppelte Menge Kohlensäure aus gegenüber der unbelasteten.

Nach weiteren 24 Stunden:

Serie 193.

R		A
4	Pflänzchen ohne Wurzeln ohne Belastung	1,35
5	" " " mit "	1,51

Nach weiteren 22 Stunden 4 Minuten: R 4 = 1,37, R 5 = 1,50.

R		$\frac{F}{T}$ gesamt	F des Stammes	F insgesamt	T gesamt	CO_2 cm³ gesamt	A
4	Erbsenpflanze ohne Wurzeln unbelastet		0,201	0,75	0,26	3,00	2,018
5	Erbsenpflanze ohne Wurzeln mit 5 g belastet		0,250	0,831	0,25	3,69	2,588

R 163. — Die Werte 2,018 . 2,588 sind schon sehr ausschlaggebend. Sie sind für das Trocken-Gesamtgewicht. Legt man das Trockengewicht der Stämmchen und 100 Stunden zu Grunde, so kommt, wenn $\frac{F}{T} = 6{,}753$ genommen wird:

	A
Erbsenpflänzchen ohne Wurzeln ohne Belastung	179,6
" " " mit "	178,2

Das heisst soviel wie: Von zwei Pflänzchen der gleichen Art zeigt das belastete eine grössere Kohlensäuremenge in der gleichen Zeit wie das unbelastete. Die Atmungsgrösse ist gleichwohl für beide nahezu gleich, weil das belastete ein höheres Frischgewicht für den Stamm in die Rechnung stellt wie das unbelastete.

Parallelversuch.

Von einer und derselben Aufzucht von Saaterbsen wurden in mehreren Reagenzgläsern 40 Stück so eng zusammengereiht,

dass sich die Keimorgane gegenseitig einkeilen mussten. — 40 Stück wurden in gleichen Reagenzgläsern in so grossen Distanzen auf Draht gereiht, dass sich die Keimteile frei und ungestört entfalten konnten. Nach 8 Tagen wurden die Keimlinge gewogen:

Serie 194.

	Die Eingekeilten		Die Freien	
	F	T	F	T
Kotyledonen und Integumente	18,60	7,20	19,33	7,08
Keimstämmchen	2,70	0,31	4,73	0,53
Keimwurzeln	3,85	0,40	5,44	0,53
Gesamt . . .	25,15	7,91	29,50	8,14

R 164. — Die freien Keimpflanzen haben grösseres Frisch- und Trockengewicht und nahezu 5 g mehr Wasser in die Zuwachsform gebracht, die Eingekeilten haben 0,23 g Trockensubstanz mehr für die Atmung aufgewendet. (Zu vergleichen mit R 123, s. oben S. 270.)

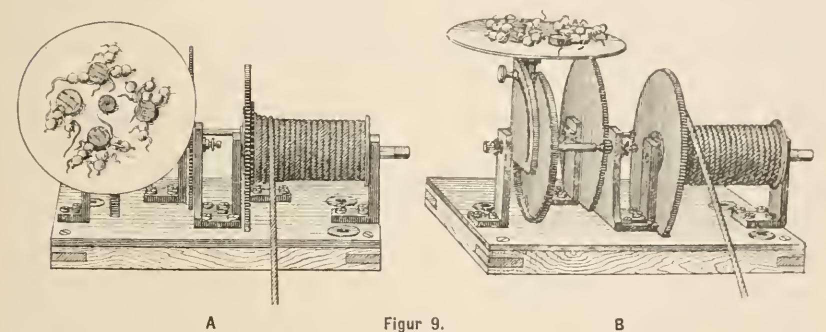
24. Die Atmung und der Versuch von Knight.

Der Rotationsapparat (Fig. 9 A, B von Zimmermann in Heidelberg ausgeführt) erlaubt, bei mässiger Belastung eines Seiles, welches über eine Rolle an der Decke des Versuchszimmers lauft und die rechtsbefindliche Kurbel dreht, eine Rotationsdauer von 6—8 Stunden, so dass der Apparat über Nacht in Funktion bleiben kann. Auf einer kreisrunden Schieferplatte, welche auf der letzten Axe links aufgeschraubt wird, mit Fliess oder zu Messungen mit Koordinatenpapier belegt werden kann, sind 4 Korke festgekittet, an welche die Keimlinge mit feinen Stecknadeln befestigt werden.

Auf dieser Rotationsscheibe wird ein durchbohrtes Uhrglas durch einen Gummiring festgehalten. Durch die Durchbohrung des Uhrglases wird von Zeit zu Zeit Wasser mit der Spritzflasche zugeführt. Die Bedeutung des Versuchs wird hier vorausgesetzt.

Aus einer gleichen Aufzucht von Erbsen, welche, genau gleichsinnig auf Drähte gereiht, ihre erste Keimphase bezogen auf das

Lot in gleichem Sinne einleiteten, werden bei der gleichen Temperatur, zu fast gleicher Zeit vier Differenzversuche eingeleitet: Serie 195—198. Die Keimwurzeln kommen zuerst zur Streckung, wenige Tage später kommen die Stämme.



A Figur 9. B

Rotationsapparat (1/8 nat. Gr.). In Fig. A steht die Rotationsaxe unter 45° zum Lot, in B steht sie im Lot.

Differenzversuche für die Wurzeln.

Serie 195. 196.

I. Differenz. 13 Stück bewurzelte Erbsen atmen in dem Gasrezipienten in der Lotnormallage und 13 möglichst der gleichen Phase in der inversen Lotlage, beide unter dem Einfluss der Gravitation:

Serie 195.

Gravitation: Wurzeln.

R		F gesamt	F Wurzel	T gesamt	T Wurzel	F/T Wurzel	F/T gesamt	Wurzelgewicht CO_2 pr. g 100 St.
4	13 Stück Erbsen mit Keimwurzeln, + geotr. nach unten	6,90	0,25	2,95	0,061	4,099	2,339	1010,0
4	13 Stück Erbsen mit Keimwurzeln, + geotr. nach oben	6,90	0,25	2,95	0,061	4,099	2,339	449,9

Die Atmungsgrösse auf das Trockengewicht der Wurzeln berechnet, kommen Normallage 1010

Inverse Lage 449.

Also ein ausserordentlicher Unterschied.

II. Differenz. Die Pfeilrichtung von dem Mittelpunkt der rotirenden Scheibe des Apparates (Fig. 9) nach deren Peripherie, die Pfeilspitze nach der Peripherie, ist die Richtung der Resultirenden aus Zentrifugalkraft und Gravitation als den zwei Komponenten. Werden die Keimlinge so aufgesteckt, dass die Wurzelspitzen der Pfeilrichtung entsprechend, mit ihren Spitzen nach der Peripherie zu liegen, so befindet sich die Wurzel in der Normallage, bezogen auf die Resultirende. Deutet die Wurzelspitze nach dem Zentrum, so liegt die Wurzel, bezogen auf jene Resultirende, in der inversen Lage. Beide Lagen werden gleichzeitig realisirt. Acht Stunden wird rotirt. Es soll nicht die Krümmung und das Wachstum studirt, sondern lediglich der Einfluss einer Zugkraft auf die supponirten Schwingungskomplexe in der wachsenden Wurzel bestimmt werden. Nach 8 Stunden der Rotation werden die Objekte in entsprechender Normallot- und inverser Lotlage in die Gasrezipienten gebracht:

Serie 196.

Zentrifugalkraft: Wurzeln.

Dauer der Rotation 8 Stunden; 160 Umdrehungen pro Minute.

R		F		T		F/T		Wurzelgewicht CO_2 pr. g 100 St.
		gesamt	Wurzel	gesamt	Wurzel	Wurzel	gesamt	
2	Die Wurzelspitze nach der Peripherie (8 Stück) . .	4,4	0,205	1,89	0,06	3,417	2,328	1510,0
3	Die Wurzelspitze nach dem Zentrum (10 Stück) . .	5,5	0,30	2,42	0,071	4,225	2,273	967,0

Die Atmungsgrösse wie vorher ergiebt für:

die Normallage auf der Rotationsscheibe 1510

„ inverse Lage „ „ „ 967.

R 165. — Die Zugkraft der Resultirenden auf dem Rotationsapparat, deren Intensität grösser wie die der Gravitation ist, steigert die Intensität der Gesamtschwingungen in der Wurzel in der Weise,

dass die Atmungsgrösse für die Normallage, wie für die inverse ganz erheblich grösser ist. Normallage 1510 cm^3 : 1010 cm^3. Inverse Lage 967 cm^3 : 449 cm^3.

Differenzversuche für die Stämme.

Serie 197, 198.

Die Stämme entwickelten sich in den Behältern später. Die vorher gebildeten Wurzeln werden vorsichtig an der Einfügung abgeschnitten (die einzige nicht zu vermeidende Unreinheit der Differenz).

I. Differenz. 12 Stück Erbsen wachsen und atmen in den Gasrezipienten unter dem Einfluss der Gravitation in der Normallage, die Stammspitze zenithwärts, 12 Erbsen wachsen und atmen ebenso, aber in der inversen Lage, die Stammspitze nach dem Erdmittelpunkt.

Serie 197.

Gravitation: Stämme.

Dauer 2–6 Stunden. T 16° C.

R		F		T		F/T		Stammgewicht CO_2 pr. g 100 St.
		gesamt	Stamm	gesamt	Stamm	Stamm	gesamt	
4	12 Erbsen, der —geotrop. Stamm nach oben . ↑	8,2	1,01	2,55	0,15	6,753	3,216	382,2
4	12 Erbsen, der —geotrop. Stamm nach unten . ↓	8,2	1,01	2,55	0,15	6,753		351,1

R 166. — Wie vorher auf das Trockengewicht der Stämme berechnet kommt für:

die Normal-Lage 382,2.
„ inverse „ 351,1.

Also sehr viel kleinere Werte wie in der analogen Differenz für die Wurzel (Serie 195).

II. Differenz. Auf der rotirenden Scheibe.

Serie 198.

Zentrifugalkraft: Stämme.

Dauer der Rotation 5 Stunden. 160 Umdrehungen in der Minute. Entfernung der Objekte vom Zentrum 1—4 cm.

R		F gesamt	F Stamm	T gesamt	T Stamm	F/T Stamm	F/T gesamt	Stammgewicht CO_2 pr. g 100 St.
2	7 Erbsen, die negativ-geotrop. Stämme nach dem Zentrum	4,2	0,6	1,5	0,11	5,455	2,800	337,7
3	7 Erbsen, die negativ-geotrop. Stämme nach der Peripherie	4,2	0,52	1,81	0,11	4,728	2,320	254,6

R 167. — Wie vorher für:

die Normal-Lage zur Resultirenden 337,7.

„ inverse „ „ „ 254,6.

Zusammenstellung. A hat (wie früher Serie 141 schon erwiesen) für die Normallage höhere Werte wie in der umgekehrten für Stamm und Wurzel.

Für die Wurzel steigen diese Werte auf der Rotationsmaschine sehr beträchtlich, so dass der Wert für die Normallage der Maximalwert bleibt. Für den Stamm sinken die Werte auf der Rotationsmaschine, so dass der Wert für die Normallage der höhere bleibt.

Der Hauptschluss aber lautet nach der folgenden Definition, auf welche weiter unten bei der theoretischen Behandlung des Knightschen Versuches zurückzukommen ist:

15. Definition. Stamm und Wurzel wachsen, so dass assymetrische Schwingungen der Molekeln gefordert erscheinen. In solchen Schwingungen ist der Ausschlag der grossen Amplitude nach dem Scheitel der Organe, also in die Längenzuwachsrichtung orientirt.

Für die Wurzel fallen zusammen die Richtung der Gravitation, die Richtung des Zuwachses und die grosse Amplitude der Längsschwingung.

Für den Stamm sind Zuwachsrichtung und grosse Amplitude der Schwingung der Richtung der Schwere entgegengesetzt.

R 167 A. — Wird eine unter der Einwirkung der Gravitation normal herangezüchtete Keimpflanze, auf dem Rotationsapparat, für nur 4—6 Stunden, in normaler Lage zur Resultirenden von Zentrifugalkraft und Schwerkraft, einer Zugkraft von grösserer Intensität wie die Schwerkraft der Erde ausgesetzt, so nimmt instantan die Intensität der Molekelschwingungen in der positiv der Resultirenden folgenden Wurzel zu, was in der Relation der Atmungsgrössen 1010 cm^3 für Gravitation, 1510 für die Rotationsresultirende erkannt wird. — Für den Stamm kehrt sich dies Verhältnis um.

Für die Normallage zur Gravitation ist A = 382 cm^3,
für die Rotation ist A = 337 cm^3.

Diese erstaunlichen Wirkungen fordern die theoretische Behandlung der Wachstumserscheinungen und der Schwingungen heraus.

25. Zur Theorie der Wachstumserscheinungen als Energieäusserungen der Zelle.

A von der Basis nach der Spitze wachsende Organe.

In mehreren Serien (s. Serie 137—140) wurde gezeigt, dass in der Längsstreckung befindliche Sprosse, in der Normallotlage (der Scheitel zenithwärts) eine beträchtlich höhere Atmungsgrösse aufweisen, wie in der inversen Lotlage, in welcher der Scheitel nach dem Nadir (Erdmittelpunkt) gerichtet war. Solche Sprosse waren immer so beschaffen, dass ihre Zuwachsrichtung nach dem Scheitel (in akropetaler Richtung) fortschreitet. Es ist dies die bei den höheren Pflanzen bei weitem vorherrschende Modalität und die Verminderung der Atmungsgrösse bei der Umkehrung zwingt zu der Vorstellung:

Es müssen in einem solchen Spross zwei Systeme von Molekularschwingungen herrschend sein, Längs- und Querschwingungen, von welchen die Längsschwingungen mindestens ihrer Intensität nach durch die Gravitation beeinflusst sind.

Für die theoretische Behandlung der Längsschwingungen ziehen wir das Gesetz des partiären Zuwachses hier heran. Es sagt aus:

16. Definition. Werden an einem wachsenden Spross von der Spitze, als dem jüngsten Ort, äquidistante Marken von Tusch aufgetragen, so werden die zuerst gleichen Distanzen durch das Wachstum so verschoben, dass für das oberste Cylinderniveau der kleinste, dass für ein mittleres Cylinderniveau der grösste und für ein tiefstes Cylinderniveau der Zuwachs Null zum Ausdruck gelangt. Begründet ist dieses Verhalten in dem Umstand, dass der Spross sich von dem jüngsten Scheitelpunkt nach den tieferen Orten aus Zellen verschiedener Wachstumsphase zusammensetzt. Im Meristem des Scheitels liegen Zellen, welche in steter Teilung begriffen, verschwindend kleine Längenzuwachse aufweisen. Hier liegt das Maximum der potenziellen Energie für Wachstum. Im tiefsten Niveau liegen Zellen, welche ausgewachsen sind, hier liegt für das Längenwachstum der Ort, wo potenzielle und aktuelle Energie gleich Null sind. Zwischen beiden Orten befinden sich die Zellen in der Streckung. Setzt man in der Figur 7 (S. 254) für die erste Ordinate eine Linie, welche eingeteilt ist in die Längen der Zellen in einer Kette, welche sich vom Scheitel s erstreckt bis zu einer ersten ausgewachsenen Zelle φ und bemisst den Zeitraum 1 nach 2, 2—3 u. s. f. so, dass in ihm jedesmal eine untere Zelle ihre aktuelle Wachstumsenergie soeben abschliesst, so beschreiben die Marken der ersten Ordinate in allen späteren Kurven, welche ansteigen, um zuletzt parallel der Abszissenaxe, welche die Zeit darstellt, zu verlaufen. Die Figur 7 (S. 254) ist so zusammengestellt, dass die Wachstumsfunktion die Bewegung der Spitze s, s, u. s. f. und das Fortrücken der ausgewachsenen Punkte lineare Funktionen der Zeit sind, sie ist so zusammengestellt, dass in der Ordinate 10, im Scheitel s eine Zelle mit grösster potenziellen Energie, dass vom Fusspunkt 10 neun Zellen liegen, in welchen die potenzielle und aktuelle Energie des Längenzuwachses gleich Null ist, und 14 Zellen, in welchen die potenzielle in die aktuelle Zuwachsenergie umgesetzt wird.

Dieser Vorgang zwingt zur Annahme von Molekularschwingungen, welche in der Längsrichtung so vor sich gehen, dass der Schwingungsausschlag nach der s-Seite grösser ist wie nach der φ-Seite. Ich nenne solche Schwingungen asymmetrisch oder von ungleicher Amplitude.

1. Argument. Eine schwarze Marke fliesst durch das

Wachsen nur nach der Zuwachsrichtung zur Linie aus. Figur 7 (S. 254), 8 nach 16.[1]

2. Argument. Die Stabilität, Festigkeit ist für die ♀-Seite der Ordinate gross, für die s-Seite ist sie klein. Von ♀ nach s ist das System labil, molekular beweglich. Hier liegt der Schwingungszustand der Molekule.

Diesem gegenüber erscheint für die Molekularschwingung als relativ gleichgültiges Moment der Umstand, dass in der Wurzel die supponirte asymmetrische Schwingung nach dem Nadir (Erdmittelpunkt) gerichtet ist.

R 168. — Der Generalschluss lautet: Beide Grundorgane fügen sich dem Gesetz des Partialzuwachses, beide müssen asymmetrische Schwingungen besitzen, deren grössere Amplitude nach dem jüngsten Punkte, der Spitze, gerichtet ist.

Für solche akropetal wachsende Stämme und Wurzeln gilt der allgemeine Satz: Die durch die Schwerkraft herbeigeführte Lotlage, positiv geotropisch die Wurzel, negativ geotropisch die Stämme, ist die Normallage; die Organe haben in dieser das Maximum der Atmungsgrösse. (Für die Stämme die obengenannten Serien, für die Wurzel die Serien 195, 196.)

B. Von der Spitze nach der Basis wachsende Organe.

Solche sind selten. Ein praktikables Objekt ist die soeben in die Streckung übergehende Winterknospe der Pinusarten.[2] Der Zweig folgt hier zwar dem Gesetz unter A. Die zahlreichen Nadeln aber beenden ihr Wachstum in der Basis. Diese geben den Ausschlag.

Serie 199.

Kiefernknospen (Pinus silvestris) in der Streckung.
20. Mai. Dauer 1 Stunde 20 Minuten. T 19° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
5	Die Knospen lotrecht aufrecht .	5,15	1,30	3,962	91.16
6	„ „ „ umgekehrt	6,05	1,60	3.782	111.00

[1] Eine solche Tuschmarke müsste an einem gleichmässig interkalar wachsenden Cylinder (Spirogyrafaden z. B.) nach beiden Cylinderenden hin sich verlängern.

[2] Picea, Abies, Larix, Tsuga folgen dem Gesetz unter A.

R 169. — In einem Organkomplex, wie der Kieferntrieb, in welchem in zahlreichen, wenn schon der Anlage nach kleinen Organen, wie die Nadeln sind, der Zuwachs nach dem basiskopen Ende der Nadeln und damit des Triebes fortschreitet, kehrt sich das Verhältnis um: Ein solcher Trieb zeigt in der Normallotlage einen merklich kleineren Wert für A gegenüber der inversen. Das Bedeutende dieser Differenz veranlasste die Nachprüfung:

Serie 200.

Pinus Strobus. 20. Juni. Dauer 2 Stunden 30 Minuten. T 15,7° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
4	Nadeltrieb des laufenden Jahres im Lot aufrecht	8,1	2,2	3,682	30,91
4	Nadeltrieb des laufenden Jahres im Lot abwärts.				42,65

Die Nadeln sind 45 mm lang, die Länge der ausgewachsenen — 98 mm.

R 170. — A ist hier, wie es sein muss, da die aktuelle Energie im Juni kleiner ist wie im Mai, wesentlich kleiner. Die Differenz aber ist dieselbe (also Bestätigung von R 169).

R 171. — Pflanzenteile, welche wie die Stämme der Gramineen, die Nadeln der Kiefern ihr Wachstum in basiskoper Richtung fortführen, besitzen asymmetrische Molekulschwingungen, deren grosse Amplitude nach der Basis gerichtet ist. Solche Organe zeigen in der Normallage einen kleineren Wert für A.

C. Molekularschwingungen in Zweigen, welche der Länge nach ausgewachsen sind.

Hier sinkt A gegenüber den in aktueller Energie der Längsstreckung stehenden. Die kambiale Thätigkeit geht nach der radialen Querrichtung.

Serie 201.

Fraxinus excelsior.

12 cm langes laubloses Interfolium des vorigen Jahres, der Länge nach ohne Zuwachs, aber in voller kambialer Thätigkeit.

(Zu vergleichen mit den Serien entlaubter Zweige im Februar, s. oben, und mit den laufendjährigen Zweigen, s. oben.)

Versuchsdauer 5—10 Stunden. T 17° C.

R		CO_2 pr. g F 100 St.	CO_2 pr. g T 100 St.
6	Das Zweigstück lotrecht aufrecht . . .	5,853	13,26
6	„ „ „ abwärts . . .	4,631	12,50

In Beziehung auf die Einwirkung der Gravitation auf die Schwingungen der Molekeln die grösste Übereinstimmung, wiewohl ein sichtbarer Längenzuwachs nicht herrscht! Das Trockengewicht verhält sich zum Frischgewicht wie 1 : 2,096.

In solchem Zweig werden vorwiegend eingeschaltet Tangentiallängswände im Kambialzuwachs. Die Schwingungen sind somit longitudinale; es werden Molekeln für den Dickenzuwachs der Holzzellen in Bewegung gesetzt. Diese Schwingungen sind transversal:

R 172. — In einem der Länge nach ausgewachsenen Zweig, welcher in kambialer Thätigkeit steht, unterliegt der Gesamtschwingungskomplex der Geopolarisation. Die Werte für A und die Differenzen sind merklich kleiner wie in den Zweigen mit voller aktueller Energie der Längsstreckung.

Zur Nachprüfung dieses Ergebnisses wurde von einem der Länge nach ausgewachsenen Hängeast der Traueresche ein Abschnitt, in R 2 in der Lotlage aufrecht, ein anderer Abschnitt desselben Astes wurde ebenso umgekehrt aufgestellt. Nach 1 Stunde wurden die Ablesungen gemacht, sodann wurden beide Abschnitte umgekehrt. Damit ist der Fehler der Phasenänderung (nach 3, Geopolarisation der Schwingungen s. oben S. 257) eliminirt.

Serie 202.

Fraxinus excelsior; Hängeast. 1. Juli. Dauer 2 Stunden. T 24° C.

Probe.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Der Hängeast aufrecht . . . ↑	18,20	4,3	4,233	22,05
3	„ „ abwärts . . . ↓	22,81	4,95	4,608	33,78

Fraxinus excelsior; Hängeast. 1. Juli. Dauer 2 Stunden. T 25° C.

Gegenprobe.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Der Hängeast vorher aufrecht, jetzt umgekehrt	18,2	4,3	4,233	20,98
3	Der Hängeast vorher umgekehrt, jetzt aufrecht	22,81	4,95	4,608	41,02

R 173. — Die Differenzen für A sind:

R 2 aufrechte Lage 22,05, umgekehrte Lage 20,98,
R 3 „ „ 41,02, „ „ 33,78,

woraus weiter erhellt, dass der Hängeast, soeben von dem Baum abgeschnitten und zuerst in der homologen Lage in den Rezipienten gebracht, einen höheren Wert für A behauptet in beiden Lagen, wie der Abschnitt, welcher zuerst in die inverse Lage, bezogen auf die Lage am Baum, gebracht wird.

D. Theorie der Schwingungen.

17. Definition. Die Schwingungen der kleinsten Teile, Molekeln, von Baustoffen (Cellulose), welche in wachsenden Pflanzenteilen eingelagert werden, stehen unter dem Einfluss der Gravitation.

Die Komplexe von Schwingungen, die Schwingungsrichtungen und die Amplituden müssen bei verschiedenen Pflanzenorganen sehr verschiedene sein. Es mögen hier die Modalitäten, von dem Einfachsten nach dem Komplizirteren geordnet, vorgeführt werden.

a) Das Kugelmodell.

Botrydium argillaceum, eine einzellige Landalge, zeigt die Rhizoïdtrichome positiv geotropisch. Der kugelige Teil der Pflanze wächst negativ geotropisch, aber als Kugel. In dieser liegen zwei Schwingungsrichtungen: Molekeln müssen in die Kugelfläche eingelagert werden. Die geforderten Schwingungen sind in dieser Fläche alle gleich gross, von gleicher Amplitude und symmetrisch. Der Ausschlag der Schwingung nach der einen Richtung ist genau so gross, wie der nach der andern Richtung. Die Zellwand soll ganz gleichmässig in die Dicke wachsen. Dieser Vorgang erfordert symmetrische Radialschwingungen von gleicher Amplitude und gleicher Intensität für alle Punkte der Hohlkugel: In einer Hohlkugel, welche sich selbst ähnlich wächst, sind zwei Schwingungen in dem Komplex.

b) Der Cylinder.

Der Hohlcylinder als Modell der Fadenalgen erfordert eine lange Reihe von Modalitäten, welche in der Natur realisirt sein müssen und der Betrachtung unterzogen werden (nach der obenstehenden Definition), in zwei Lagen des Cylinders in der Lotlage und in der Horizontallage der Cylinderaxe.

Modalität I. Nur eine einzige Lage von Molekeln.

Das Dickenwachstum der Membran soll gleich Null sein, der Hohlcylinder soll in die Länge wachsen und so, dass seine Peripherie grösser wird. Diese Vorgänge sollen in allen Punkten zu gleicher Zeit beginnen und zu gleicher Zeit enden. Dies ergiebt zwei symmetrische Schwingungen, die eine liegt tangential transversal, die andere fällt in die Cylinderaxe.

a) In der Lotlage des Cylinders haben die beiden Schwingungen in der einen wie in der anderen Richtung für je eine Molekel im Kreisschnitt die gleiche Intensität. Die Intensität der Längsschwingung kann grösser oder kleiner sein wie die Transversal-Tangentialschwingung. (Fig. 10 s. nächste Seite.)

b) In der Horizontallage des Cylinders steht der Ring im Lot (Fig. 11, 12, 13). Für die Transversalschwingungen sind

vier Möglichkeiten. In allen diesen bleiben die Schwingungen des Zenith Z und des Nadirpunktes N, gleich wie in Figur 10 und sie sind, da sie im gleichen Winkel zum Lot liegen, unter sich gleich. Vom Zenithpunkt erstreckt sich diese Schwingung in die zwei oberen

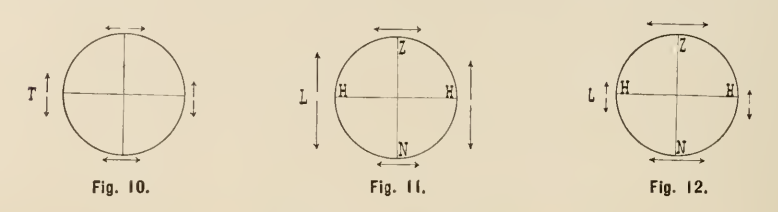


Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

Cylinderkonstruktionen der Molekularschwingungen.

I. Modalität.

Fig. 10. Der Kreisschnitt eines Cylinders, welcher im Lot steht mit symmetrischen Schwingungen parallel den Tangenten und parallel der Cylinderaxe. Die Tangentialschwingungen sind in allen Punkten des Kreises von gleicher Intensität.

Fig. 11. Dieselbe Scheibe steht im Lot (der Cylinder liegt im Horizont). Die Zenith- Z und Nadirpunkte N behalten die gleiche Intensität. Für die Horizontpunkte HH wird die Intensität der Tangentialschwingung grösser, für diese Schwingungen bleiben die Amplituden gleich. Die Schwingung ist symmetrisch.

Fig. 12. Dieselbe Scheibe (10) im Lot. Zenith und Nadir wie vorher. Die Horizontpunkte erhalten symmetrische Schwingungen mit kleinerer Amplitude. Hier sinkt die Intensität gegenüber Fig. 10.

Quadranten auf merkliche Distanz, bis der Winkel merklich wächst, ebenso vom Nadirpunkt über die zwei unteren Quadranten. Die Tangentialschwingung der Horizontpunkte HH fällt dagegen jetzt ins Lot, steht somit unter dem beschleunigenden oder verzögernden Einfluss der Gravitation.

α) Die erste Möglichkeit: Die Schwingungen sind symmetrisch, aber von grösserer Intensität (Fig. 11), die Energie ist in den beiden oberen Quadranten genau so gross wie in den beiden unteren Quadranten (dieses ergiebt keine Differenz für die geotropische Beugung).

β) Die zweite Möglichkeit: Sie sind symmetrisch, aber von kleinerer Intensität wie die Schwingungen im Zenith- und Nadirpunkt (Fig. 12). Dieses ergiebt ebenfalls keinen Unterschied für die Zenith- und Nadirhemisphären.

γ) Die dritte Möglichkeit: Sie sind asymmetrisch, die Amplitude nach dem Nadir ist die grössere (Fig. 13), die grössere Energie kommt hier den beiden unter dem Horizont HH liegenden Quadranten zu.

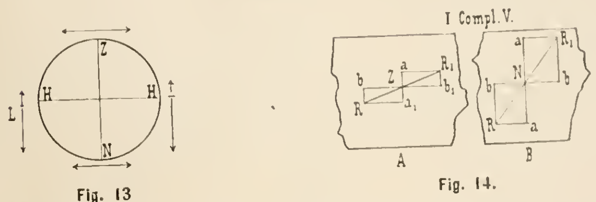


Fig. 13. Der Molekularring Fig. 10 im Lot. Zenith und Nadir bleiben gleich. Die Horizontpunkte HH zeigen asymmetrische Schwingungen. Der Ausschlag dieser nach dem Nadir ist grösser, wie nach dem Zenith und grösser wie derselbe in den Z und N punkten. Der Ausschlag nach dem Zenith ist kleiner und kleiner wie der Ausschlag der Z- und Nadirpunkte.

Fig. 14 zu Fig. 13 die erste Komplex-Variante:

A Der Cylinder liegt im Horizont, so, dass dem Beschauer die Zenithseite Z zugekehrt ist. a a die Tangentialschwingung, b b die symmetrische Längsschwingung. R R_1 die Resultirende nähert sich der Längsschwingung.

B Der Cylinder liegt so, dass dem Beschauer die Nadirseite zugekehrt ist, a a die Tangential-, b b die Längsschwingung. Die Resultirende R R_1 ist eine Annäherung an die Tangentialschwingung (ergiebt positiven Geotropismus).

δ) Die vierte Möglichkeit: Die Schwingungen sind asymmetrisch, die grössere Amplitude liegt nach dem Zenithpunkt, die grössere Energie kommt jetzt den beiden über dem Horizont liegenden Quadranten zu (Fig. 15).

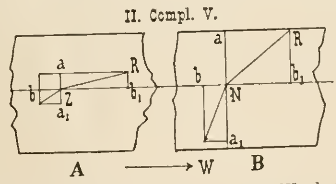


Fig. 15 zu Fig. 13 die zweite Komplex-Variante. W die Wachstumsrichtung. Die Längsschwingung ist asymmetrisch.

A Der Cylinder kehrt dem Beschauer die Zenithseite zu, a a die Tangential-, b b die Längsschwingung. Die Resultirende R der Zuwachsamplitude ist eine Annäherung an die Längsschwingung.

B Die Nadirseite ist dem Beschauer zugekehrt. R ist hier eine Annäherung an die Tangentialschwingung (ergiebt positiven Geotropismus).

Von Modalität I a, b, α, β, γ, δ aus muss die Theorie des Knightschen Versuchs hergeleitet werden können.

Zu allen diesen Änderungen beim Übergang aus der Lot- in die Horizontalstellung des Cylinders (beim Übergang der Horizontal-

in die Lotstellung des Kreisschnittes), kommt die Längsschwingung hinzu; diese wird ihrer Intensität nach beim Übergang von der Lot- nach der Horizontallage des Cylinders kleiner.

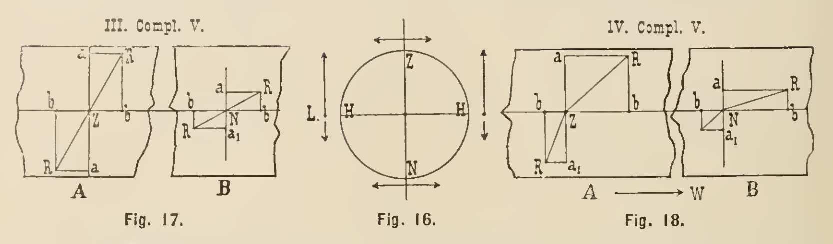


Fig. 16. Der Molekulring Fig. 10 im Lot. Z- und N-punkte wie vorher. Für die Horizontpunkte ist die Amplitude nach dem Zenith grösser und grösser wie die Amplitude der Z- und N-punkte. Für die Horizontpunkte ist die Nadiramplitude kleiner und kleiner wie die Amplitude der Zenith- und Nadirpunkte.

Fig. 17 zu Fig. 16 die dritte Komplex-Variante. a a_1 b b_1 wie vorher; symmetrische Längsschwingung. Die Resultirende in **A** dem Zenith ist eine Annäherung an die Tangentialschwingung. **B** Für die Nadirseite ist R eine Annäherung an die Längsschwingung.

Fig. 18 zu Fig. 16 die vierte Komplex-Variante. Alles wie vorher; in **A** dem Zenith sind beide Amplituden Annäherung an die Transversalschwingung, in **B** der Nadirseite ist R für die grosse Amplitude eine Annäherung an die Längsschwingung (A u. B ergeben negativen Geotropismus).

Welcher Intensität die zwei Schwingungen sind, kann selbstredend durch keine andere Methode ermittelt werden, wie durch die Bestimmung der Atmungsgrösse. Wähle ich zuerst eine Alge, an welcher eine Polarität der Cylinderenden nicht bekannt ist und welche wahrscheinlich auch nicht herrscht, weil alle Zellen in der Kette die gleiche Bewegung, des Zuwachses und der Querteilung auszuführen vermögen. Diese Alge konnte leicht in einem Fadenbüschel so in einem Reagenzcylinder untergebracht werden, dass die Axen der Fäden mit der Axe des Reagenzglases parallel orientirt sind. Die Atmungsgrösse des Algenbüschels wird in zwei Lagen, der Lotlage und der Horizontallagen bestimmt und ergiebt:

Serie 203.

Spirogyra maxima. 9. Juli. Dauer 17 Stunden. T 18° C.

R		T	A
4	Die Fadenbüschel im Lot . . . . . ↑	0,16	74,64
5	„ „ „ Horizont . .	0,18	54,25

R 174. — Steht der Spirogyrafaden im Lot, so steigt seine Atmungsgrösse auf 74,64 und sinkt in der Horizontallage auf 54,25.

Modalität II. Hohlcylinder und Dickenwachstum der Wand.

Statt einer Molekulschicht kommen zahlreiche solcher zur Wirkung. Der Hohlcylinder bekommt für die Radial-Transversalrichtung die dritte Schwingungsaxe. Für diese Richtung liegen drei Hauptzüge in der Histiologie begründet.

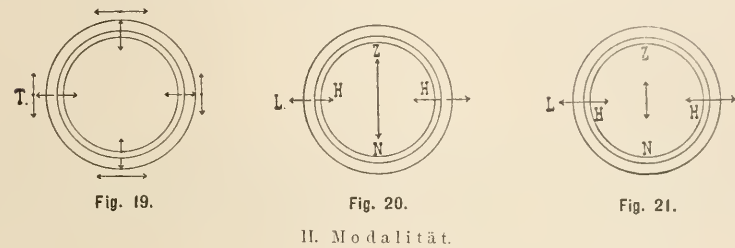


Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21.

II. Modalität.

Fig. 19. Der Kreisschnitt des im Lot stehenden Cylinders soll zu den vorher (Fig. 10—14) gegebenen Flächenwachstum um die gegebene Kreiszone, so in die Dicke wachsen, dass an dem von jetzt ab doppelten Kontur, der innere Kontur soviel nach innen rückt, wie der äussere nach aussen verschoben erscheint. In jedem Punkt des Kreises herrschen symmetrische, radiale Transversalschwingungen, welche in allen Punkten die gleiche Intensität haben.

Fig. 20. Dieselbe Scheibe soll ins Lot gestellt werden (der Cylinder liegt im Horizont). Die Horizontpunkte HH behalten die gleichen Schwingungen der Radialrichtung. Zenith und Nadirpunkte aber erhalten grössere Amplituden symmetrischer Schwingungen.

Fig. 21. Dieselbe Scheibe wie vorher, HH bleiben gleich. Die Zenith- und Nadirpunkte erhalten kleinere symmetrische Schwingungen.

1. Die Cylinderwand wächst gleichmässig. Sie verschiebt den äussern Kontur um so viel nach aussen, wie sie den innern Kontur nach innen verschiebt. Figur 19 stellt den Schwingungszustand des Kreisschnittes in der Lotlage des Cylinders dar. Die Tangentialschwingungen, durch vier äussere Pfeilpaare dargestellt, sind in allen Punkten des Kreises von gleicher Intensität (nach der vorstehenden Darlegung). Die Radialschwingungen, durch vier innere Pfeilpaare markirt, sind für alle Punkte gleich, sie sind symmetrisch, wie die Tangentialschwingungen. Geht die Scheibe aus der Horizontalstellung, Fig. 19, in die Lotlage über, Fig. 20, 21, so kommen die Modalitäten:

a) die Zenith- und Nadirpunkte erhalten für die Radialschwingung grössere Intensität wie die Horizontpunkte HH (das innere Pfeilpaar, Fig. 20).

b) die Zenith- und Nadirpunkte erhalten für dieselben Schwingungen eine kleinere Intensität, die zentralen Pfeilpaare wie vorher (Fig. 21).

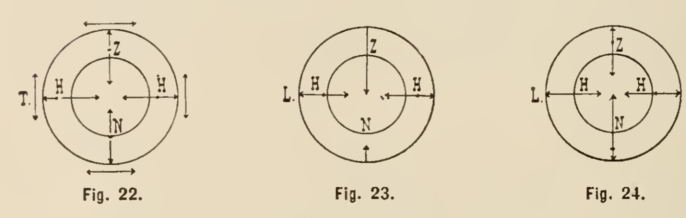


Fig. 22. Fig. 23. Fig. 24.

III. Modalität.

Fig. 22. Der Kreisschnitt des im Lot stehenden Cylinders soll ausser jenen Schwingungen des Flächenwachstums, so in der Wandstärke wachsen, dass der innere Kontur stärker verschoben erscheint wie der äussere. Die Schwingung, im Radius transversal, muss jetzt schon für alle Punkte asymmetrisch sein. Die Amplitude des Ausschlags nach dem Zentrum ist grösser wie diejenige nach der Peripherie.

Fig. 23 Die Scheibe Fig. 21 kommt ins Lot, (der Cylinder liegt im Horizont). Die Horizontalpunkte H H behalten ihre asymetrische Schwingung bei. Der Zenithpunkt bekommt eine grösste Amplitude der asymmetrischen Schwingung, im Sinne der Schwerkraftsrichtung eine Amplitude, welche grösser ist wie die der Horizontpunkte und des Nadirpunkts. Für den Nadirpunkt sinkt die gegen die Schwerkraft gerichtete Amplitude und wird kleiner wie alle andern.

Fig. 24. Dieselbe Scheibe (Fig. 22) im Lot. Die Horizontpunkte wie vorher. Der Nadirpunkt erhält das Maximum in der aufwärtsgerichteten Amplitude. Im ganzen die Umkehrung von Fig. 23.

2. Der Cylinder wächst so in die Dicke, dass er, vorherrschend oder durchaus, nur den innern Kontur verschiebt, das Lumen wird kleiner, Fig. 22. Hier werden aus der Analogie zur Entwicklung A (oben Seite 311) asymmetrische Schwingungen gefordert, deren grosse Amplitude nach dem Zentrum gerichtet ist. Bei dem Übergang der Scheibe in die Lotlage, Fig. 23, 24, bleiben für beide Möglichkeiten die asymmetrischen Schwingungen der Horizontpunkte HH die gleichen, wie vorher. Zenith und Nadir aber müssen eine Änderung zeigen, da ihre Schwingungen ins Lot fallen.

a) Der Zenithpunkt zeigt eine Vergrösserung der Centripetalamplitude, der Nadirpunkt eine ebensolche Verkleinerung (Fig. 23).

b) Die Umkehrung von a: der Nadirpunkt zeigt die Zentripetalamplitude grösser wie dieselbe Zenithamplitude. (Fig. 24).

3. Der Cylinder verschiebt, in die Dicke wachsend, den äusseren Kontur (das Lumen bleibt konstant). Hier sind in derselben Analogie für den Kreisschnitt des Cylinders in der Lotlage, für

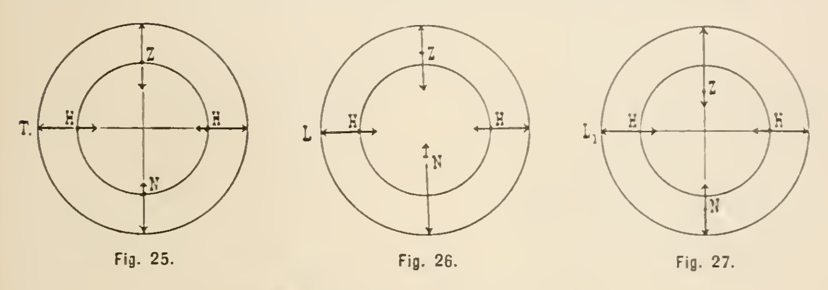


Fig. 25. Fig. 26. Fig. 27.

IV. Modalität (zu vergleichen mit III).

Fig. 25. Der Kreisschnitt des im Lot stehenden Cylinders verdickt seine Wand, so dass das Lumen konstant bleibt, der äussere Kontur verschoben erscheint, dies bedingt asymmetrische Schwingungen, deren Ausschlag nach aussen eine grössere Amplitude aufweist.

Fig. 26. Steht die Scheibe (Fig. 24) im Lot, so bleiben die Schwingungen in den Horizontpunkten die gleichen. Die Schwingung des Nadirpunktes erhält in der Richtung der Gravitation den Maximalausschlag. Der Zenithpunkt verringert in der Zenithamplitude den Ausschlag.

Fig. 27. Dieselbe Scheibe (Fig. 24) im Lot. Die grosse Amplitude des Zenithpunktes wird vergrössert, die des Nadirpunktes wird verkleinert. Die Horizontpunkte werden nicht alterirt. (Umkehrung von Fig. 26.)

alle Punkte, asymmetrische Schwingungen gefordert, deren grosse Amplitude nach aussen gerichtet ist, Fig. 25. Bei dem Übergang der Scheibe ins Lot, Fig. 26, 27, kommt wie vorher:

a) die Centrifugalamplitude wird für Z kleiner, für N grösser, (Fig. 26).

b) sie wird für Z grösser, für N kleiner, (Fig. 27).

Zu allen diesen Transversalschwingungen gehören Längsschwingungen, welche in der Lotlage für alle Punkte eines Ringes gleich sind, welcher nur aus einer einzigen Molekullage besteht. Da sich die Tangential-Transversalschwingung mit der Radialschwingung kombinirt, da diese Kombination mit der Längsschwingung sich weiter kombinirt, da die Längsschwingung ihrer Intensität nach sinkt, wenn der Cylinder die Lotlage verlässt, so kommen zahllose Varianten der Kombination und zahllose Energie-

zustände der Schwingungskomplexe zu stande, welche in allererster Linie von der Phase der Pflanzenzelle, der Organe und der Gravitation abhängig sind.

E. Theorie der Molekularschwingungskomplexe in einem Zweig, welcher der Länge nach ausgewachsen ist. (Hiezu Fig. 28.)

Geht man von dieser Darlegung an einem einzelligen Cylinder, oder an einem Cylinder, welcher aus Zellengliedern in einer Reihe besteht, hinüber zu einem System vieler Zellen verschiedener Bedeutung, so erscheint ein zwei- bis dreijähriger Zweig einer Holzpflanze, Nadelholz oder Esche z. B., als ein System von vielen Hohlprismen oder Cylindern, welche alle parallel der Cylinderaxe des Zweiges so geordnet erscheinen, dass nach allen Tangential- und allen Radialrichtungen nahezu gleiche Anordnung herrscht. Die grössere Energie wird in der Kambialperiode einem Hohlcylinder zugesprochen werden müssen, welcher aus kambialem Holz besteht, welches in starkem Radialzuwachs seiner Membranen befindlich ist. Eine Schale, in welcher die Anordnung so abgerundet gedacht werden kann, wie das Schema in Fig. 28 ergiebt. Jedes Flächenstückchen des Ringes hat gleiche Energie in der einen radialen, wie in der anderen, der tangentialen Richtung. Im Querschnitt jedes Zellenelementes liegen noch Tendenzen, sich in tangentialer Richtung zu vergrössern und ebensolche in radialer Richtung, Zuwachs auszuführen. So lange die aus vielen hundert Polygonen zusammengesetzte Scheibe im Horizont steht (senkrechte Lage des Cylinders), so lange müssen für jedes Polygon die drei Intensitäten die gleichen sein für jeden Punkt. Bei dem Übergang des Cylinders in die Horizontalstellung muss das ganze System ähnlichen Änderungen unterliegen wie jener Zellencylinder, (Fig. 10—27).

Um auf die Relation der Schwingungsintensität in den drei Richtungen zurück zu kommen, muss das Schema eines solchen Stammes abgerundet werden auf die Figur 28. Diese entspricht dem Gefüge der Abietineen. Da die Zahl der Molekeln, welche schwingen, ausschlaggebend sein muss für die Atmungsgrösse, so beachte man, dass sie einigermassen proportional den Tangential- und Radiallängen aller Zellen sein muss gegenüber den Membranlängen in der Längsrichtung. Es folgt hieraus, dass die Atmungs-

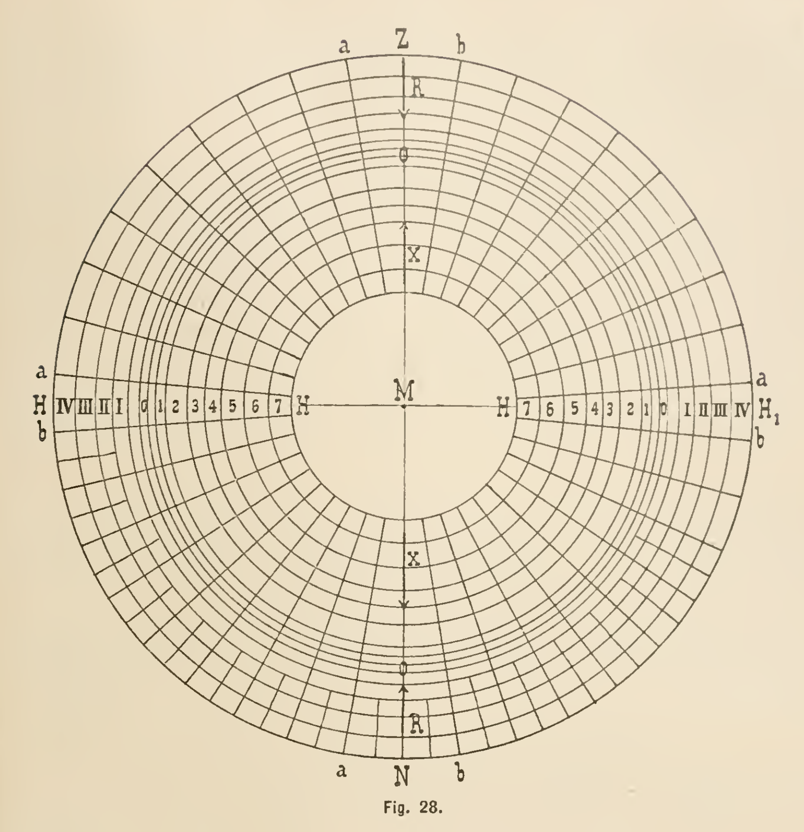


Fig. 28.

Die Scheibe soll darstellen das Schema eines laufendjährigen Nadelholzzweiges in voller kambialer Thätigkeit, oder besser noch ein 2 jähriges Zweigstück in derselben Thätigkeit. Der Längenzuwachs soll erloschen sein. Das System weist alsdann auf: Alle Tangential-Transversalschwingungen gehen parallel den Kreisen und parallel den Radien. Alle Längsschwingungen gehen in Flächen vor sich, welche senkrecht zu diesen zu konstruiren sind. Die rechteckigen Figuren entsprechen den Zellhohlräumen. Da das System in der Ringzone 00, dem Kambium, zur Zeit der vollen Thätigkeit Zuwachs erfährt durch Zellteilung, so liegt hier der Herd der vollen potenziellen Energie, von wo aus in den Reihen 0, 1, 2, 3 . . . . . ., also in zentripetaler Richtung, der Übergang in die aktuelle Energie des Flächenwachstums der Holzzellen erfolgt, während zur selben Zeit in der Richtung 0 I II III IV . . . . die gleiche Umsetzung in zentrifugaler Richtung für die Rinde vor sich geht. Da jedes der Rechtecke auch Dickenwachstum der Membran ausführt, so erfordert dies Schwingungen, welche wie die Tangentialschwingungen parallel den Kreisen und den Radien erfolgen. Tangential- und Radialschwingungen eines der Radial- oder Tangentialflächenstückchen stehen senkrecht zu einander. Das System folgt in der Reihe 0, 1, 2, 3, 4 . . . . und in der Reihe 0 I II III u. s. f. dem Gesetz des Partiärzuwachses, hat somit in diesen Schalen zwei Komplexe asymmetrischer Schwingungen, welche parallel den Radien gehen. Es hat einen Komplex von Tangential-Transversalschwingungen, welche parallel den Radien und Kreisen erfolgen und es hat Radialschwingungen des Dickenzuwachses der Wand, welche senkrecht zu den Kreisen und senkrecht zu den Radien vor sich gehen.

grösse langer und kurzer Abschnitte desselben Zweiges derselben Phase ungleich sein muss, aus keinem andern Grund, als dem Längenunterschied der Membranen in der Längs-, Radial- und Tangentialrichtung.

Zwischen einem langen und kurzen Abschnitt desselben Zweiges muss der Unterschied für Normal- und inverse Lotstellung um so grösser sein je grösser der Längenunterschied, und notwendigerweise muss es eine Länge geben, in welcher die Atmungsgrösse in Horizontalstellung die gleiche ist wie in der Normalstellung.

Zurückgehend auf die Lage zum Lot, so muss ein langer Abschnitt in den drei Lagen Normal aufrecht, Normal umgekehrt und Horizontal, andere Werte ergeben wie ein kurzer Abschnitt.

Serie 204.

Spross von Sambucus nigra in lange und kurze Stücke zerlegt, die Querschnitte mit Zellenkitt geschlossen.

Die apikalen Enden oben. 22. Juli.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
	Lotrechte Lage. Dauer 5,16 Stunden. T 20—21° C.				
3	Die 15 cm langen, (die langen)	26,00	4,75	5,474	5,776
4	Die 3,5—4,5 cm langen, (die kurzen)	8,6	1,25	6,880	14,680
	Horizontalstellung. Dauer 7,75 Stunden. T 19,5—21° C.				
3	Die 15 cm langen, (die langen)	26,00	4,75	5,474	5,177
4	Die 3,5—4,5 cm langen, (die kurzen)	8,60	1,25	6,880	10,78

Es waren zwei lange zu 15 cm, im Querschnitt 12 mm Durchmesser; drei kurze zu 3,5, 4,0, 4,5 cm, der Querdurchmesser 8, 9, 12 mm. Da nun aber die Transversalschwingungen der Querwände in saftigen Cylindern, gelbe Rübe z. B., bei der Horizontalstellung des Cylinders in die Lotlage kommen, somit Längsschwingungen ausführen, so müssen hier bei der Lagenänderung andere Werte zum Ausdruck kommen.

Serie 205.

Daucus Carota. 24. Juli. Dauer 4—9 Stunden. T 19—20,5° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Eine 15 cm lange Rübe im Lot abwärts	25,6	2,60	9,845	17,61
2	Eine 15 cm lange Rübe im Lot aufwärts	25,6	2.60		19,06
2	Eine 15 cm lange Rübe horizontal	25,6	2.60		26,95

Hier ist die Horizontallage mit 26,95 gegen 17—19 für die Lotlagen im Überschuss.

18. Definition. Die Intensität der Transversal- und Längsschwingungen muss, ausser von der Phase, von der anatomischen Struktur abhängig sein. Die Abhängigkeit von der Phase mag an der Scheibe, Fig. 28, erläutert werden. Ein Eschenzweig zeigt in den Serien 199 vom 1. Juli für volle Kambialthätigkeit mit grosser Differenz für Längs- und Querschwingungen hohe Werte für A einerseits, in der Serie 203 vom 3. November sehr viel kleinere Ausschläge. Drei Phasen müssen betont werden:

I. Phase. Der Zweig steht im Zustand stärkster Längsstreckung und gleichzeitig im Zustand der vollen Kambialthätigkeit. Serie 157, am 20. Mai. Die Werte für A sind 413 und 246.

II. Phase. Die Längsstreckung ist vollendet, die Kambialthätigkeit herrscht noch. Serie 202, am 1. Juli. Die Werte für A sind 41 und 33.

III. Phase. Beide Phänomena sind erloschen und nur die Transversal-Radialschwingung des Dickenwachstums der Membran herrscht noch. Die November-Serie 206. Die Werte für A sind 14 bis 6.

Am 3. November sind in einjährigen, starken Eschenlohden die Längsschwingungen erloschen oder sehr schwach. Die Transversalschwingungen aber müssen noch vorherrschen, da das Dickenwachstum der Membranen noch im Gange ist. In zwei Rezipienten wurden gleiche 15 cm lange Triebe so aufgestellt, dass in dem

einen die Bewegung der Drehrezipienten von der aufrechten Lotlage nach der umgekehrten, in dem andern von der umgekehrten nach der aufrechten Lotlage erfolgte.

Serie 206.

Fraxinus excelsior. 3. November. T 17—20° C.

R		Dauer	CO_2 cm^3	A
3	Aufrecht im Lot	3,83	2,50	6,728
	45° über dem Horizont . . .	1,50	1,59	10,92
	Im Horizont	1,16	1,30	11,55
	45° unter dem Horizont . . .	0,91	1,24	14,05
	Umgekehrt im Lot	2,00	2,02	10,41

F = 22 g. T = 9,7 g. $\frac{F}{T}$ = 2,268 g.

R		Dauer	CO_2 cm^3	A
4	Umgekehrt im Lot	3,83	3,00	6,99
	45° unter dem Horizont . . .	1,50	1,81	10,77
	Im Horizont	1,16	1,83	14,07
	45° über dem Horizont . . .	0,91	0,87	8,54
	Aufrecht im Lot	2,00	2,54	11,61

F = 24,2 g, T = 11,2 g. $\frac{F}{T}$ = 2,162 g.

Die Mittelwerte für A sind:

Für die Lotlagen insgesamt 11,434
„ „ aufrechte Lotlage 9,169
„ „ umgekehrte Lotlage 8,70
„ „ Horizontlage 12,61
„ „ 45° lagen im gesamt 11,07
„ „ „ über dem Horizont . . 9,73
„ „ „ unter „ „ . . 12,41.

In der Serie 203 zeigt die Horizontalstellung den Maximalwert, weil die Radial-Transversalschwingungen des Membran-Dickenwachstums in das Lot fallen.

In der Horizontallage (Fig. 28), muss die Scheibe die allein vorherrschenden Radial-Transversalschwingungen für Zenith- und

Nadirzellreihen als Longitudinalschwingungen aufweisen. Die Sache ist indes noch komplizierter, da nach den Definitionen für das Dickenwachstum an Zellencylindern (s. oben S. 321) auch asymmetrische Schwingungen des Dickenwachstums der Zelle heranzuziehen sind. Es möge daher der Gesamtüberblick für die Lot- und Horizontlage gegeben sein.

In dem Schema Fig. 28 (S. 325) bedeuten die Zellenketten 7, 6, 4, 3, 2, 1 die Holzzellen, 0 ist die Hohlschale des Kambium, I, II, III, IV die Rinde. Das Schema zeigt das Hexagonal- und das alternirende Orthogonalgefüge solcher Zweigquerschnitte zum reinen Orthogonalgefüge abgerundet, so dass alle parallel der Membranen vor sich gehenden Tangential-Transversalschwingungen parallel den Kreisen oder parallel den Radien liegen. Alle Längsschwingungen gehen in Membranlamellen vor sich, welche auf die Kreissektoren oder die Abschnitte der Radien senkrecht zu konstruiren sind. Auch die für jede Zelle transversal-radial vor sich gehenden Schwingungen des Membran-Dickenzuwachses fallen nun in die Tangenten- oder Radial-Transversalrichtung der ganzen Scheibe. Da nun aber in Bezug auf das Lumen der Zellen sämtliche Zellen mit Ausnahme des hier ganz vernachlässigten Markes, M, im Zeitraum Mai-November in verschiedener Phase des Zuwachses stehen, so kommen noch zwei Schwingungskomplexe hinzu: 1. Die Kette 7, 6, 5, 4, 3 . . 0 entspricht der Kette von Zellen in den Ordinaten der Fig. 7 (S. 254), sie weist auf in der Schale 0 die grösste potenzielle Energie, in 7 das Erlöschen der aktuellen, in 0 bis 7 den Übergang der potenziellen in die aktuelle Energie. Dies bedingt asymmetrische Schwingungen in der Pfeilrichtung X. Von 0 nach I, II, III, IV gilt dasselbe. Hier liegen asymmetrische Schwingungen in der Pfeilrichtung R; da der Rindenzuwachs verschwindend klein genannt werden kann, gegenüber dem Holzzuwachs, so spielen die letzteren eine geringere Rolle.

Für jeden Hohlraum im Holzkörper 0, 1, 2, ... 7, werden nach Schema Fig. 22—24 und Modalität II 2 (Seite 322) asymmetrische Molekulschwingungen gefordert, welche nach dem Zentrum jeder Zelle gerichtet sind.

Steht der Zweig im Lot normal, sein Scheitel zenithwärts, so sind alle Schwingungen gleichmässig um die geometrische Axe verteilt:

a) ist er noch in der Längsstreckung begriffen, so ist der Gesamtkomplex der Transversalschwingungen Impulsen unterworfen, welche senkrecht zur Papierebene (Fig. 28) das ganze System so verschieben, dass es mit grossem Ausschlag sich zenithwärts, mit kleinerem Ausschlag erdwärts bewegen würde. Der Erfolg jeden solchen kleinsten Rückens wäre eine Verschiebung des ganzen Molekulkomplexes zenithwärts, ohne irgend welche Störungen, weil die Lotimpulse die stärksten sind;

b) ist er nicht mehr in der Längsstreckung begriffen, so herrschen noch die Komplexe der Transversalschwingungen, welche um so höhere Intensitäten haben, je mehr er in der Kambialthätigkeit befindlich ist.

Steht der Zweig im Lot normal mit dem Scheitel erdwärts, so sind alle Schwingungen gleichmässig um die geometrische Axe verteilt wie vorher:

a) ist er noch in der Längsstreckung, so würde der ganze Komplex (Fig. 28) unter die Ebene des Papiers erdwärts sinken mit asymmetrischer Amplitude. Die Längsschwingung aber muss andere Ausschlagswerte haben wie in der Normallage.

b) Ist er ausgewachsen, so herrschen noch die Transversalschwingungen wie vorher.

Da nun aber die umgekehrte Lotlage im streng geometrischen Sinn nicht realisirt werden kann, so tritt für den Fall a) die Störung ein in der Verteilung der Molekularschwingung, welche zum negativen Geotropismus führt.

Ganz zwingend muss der Schluss erscheinen: Steht die Scheibe mathematisch genau im Horizont, der Cylinder genau im Lot umgekehrt, so ist kein Impuls gegeben, welcher die geotropische Krümmung herbeiführen könnte.

Steht der Cylinder horizontal, fällt unsere Scheibe ins Lot, so sind, nach den früheren Darlegungen für wachsende Cylinderzellen, die Schwingungskomplexe unserer Scheibe (Fig. 28) nicht mehr gleichmässig um die geometrische Axe des Cylinders verteilt. Die Längsimpulse werden verändert. Die X- und R-Schwingungen (Fig. 28) müssen andere Intensitäten erhalten. Die Radialflächen der Richtung ZN (Zenith—Nadir) bekommen Längsschwingungs-

impulse, wo vorher Querschwingungen herrschten, auch in den Ketten HH werden die Transversalschwingungen zu Längsschwingungen.

Die Intensität der Längsschwingungen parallel den Kreisabschnitten und den Radien, welche Längs-Membranplatten entsprechen, sinkt bei dem Übergang der Scheibe aus der Horizontin die Lotlage. Die Transversalschwingungen der Lotlage des Cylinders werden bei seiner Horizontalstellung so verändert, dass alle Schwingungen parallel der Richtung ZN, soweit sie durch die Radien der Figur dargestellt sind, höhere Intensität erlangen, weil sie die Impulse der Längsschwingungen in der Richtung der Gravitation erhalten. Alle durch Kreissektoren dargestellten Flächen, ab bei N, ab bei Z, behalten ihre Intensität der Transversalschwingung, welche jetzt wie vorher in den Horizont fallen.

Alle solche ab-Flächen bei HH_1, welche vorher Transversalimpulse besassen, erhalten jetzt Gravitations-Längsschwingungsimpulse. Alle geforderten Partiärzuwachsimpulse X und R, welche vorher gleiche Richtung zum Lot einhielten, in gleicher Weise von der Gravitation beeinflusst sein mussten, bleiben in der Richtung HH_1 zwar die gleichen, werden aber in der Richtung ZN so verändert, dass X nach Z, bezogen auf die Koordinaten (Fig. 7. S. 254) ihres Partiärzuwachses und bezogen auf die Gravitation normal, dass X nach N ebenso invers liegt, wie R nach Z normal, R nach N invers liegt. Die Molekulschwingungen des Membrandickenzuwachses waren vorher in der Horizontstellung der Scheibe alle genau transversal, in der Lotlage der Scheibe bleiben sie für alle Richtungen senkrecht zu ZN Transversalschwingungen, in allen Richtungen senkrecht zu HH_1, werden sie Längsschwingungen, deren Intensität durch die Gravitation verändert wird.

26. Theorie des positiven und negativen Geotropismus; der Knight'sche Versuch.

Steht nach den vorstehenden Darlegungen eine Keimpflanze mit ihrem Keimstamm und ihrer Keimwurzel genau in der Lotlage, so wachsen diese Organe geradlinig, das eine nach dem Zenith, das andere nach dem Nadir erdwärts (nach dem Erdmittelpunkt). Wird dieselbe Pflanze auf einer rotirenden Scheibe so befestigt, dass die Wurzel im Sinne der Resultirenden aus Zentrifugalkraft

der Scheibe und Gravitation orientirt ist, während der Keimstamm nach dem Zentrum der Rotationsscheibe hinweist, so wächst das Pflänzchen geradlinig in der Richtung der Resultirenden, also im Horizont, wenn bei senkrechter Stellung der Rotationsaxe[1] die Zentrifugalkomponente gegenüber der Gravitationskomponente sehr gross ist. Knight folgert: die Kraft, welche die erste Orientirung der Organe einer Keimpflanze bewirkt, ist die Gravitation.

Dies sagt im Hinblick auf die Diskussion über die Schwingungen oben S. 324 aus: Steht die geradläufige Keimpflanze in der Normallotlage, so wachsen alle Längsflächen genau gleich stark, die Wurzel im Beginn mit grösserer, der Stamm im Beginn mit kleinerer Energie. Es schreitet der Partiärlängenzuwachs nach der Wurzelspitze und der Stammspitze so fort, dass jede Beugung (Krümmung) ausgeschlossen bleibt. Die Schwingungskomplexe in Transversalscheiben, wie sie in Fig. 28 besprochen sind, haben nach allen Radien und allen Tangenten gleiche Vorzeichen und Werte. Auch bei der Umdrehung in die mathematisch genaue inverse Lage, welche die geradläufige Wurzel genau nach dem Zenith, den Stamm genau nach dem Nadir führt, wird eine Tendenz der Krümmung zunächst nicht gefordert. Dass so aufgestellte Keimpflanzen sehr bald zu Krümmungen schreiten, beruht darin, dass jener Forderung genauer Lotlage und genauer Verteilung der Schwingungen niemals entsprochen werden kann. Wird eine vorher in der Normallotlage gezüchtete Keimpflanze, deren Organe geradlinig positiv und negativ entwickelt sind, in die Horizontalstellung gebracht, so krümmt sich der Stamm negativ bis die Spitze zenithwärts, die Wurzel krümmt sich bis ihre Spitze erdwärts steht. Der Stamm wächst in der Krümmungsstelle an der Unterseite, die Wurzel ebenso an der Oberseite stärker. Diese Stellung ist für unsere Diskussion die kritische. Hier sind Differenzen zu suchen, welche bis jetzt nicht genügend aufgeklärt erscheinen.

[1] Steht die Rotationsaxe horizontal, die Rotationsscheibe im Lot, so kommt nur die Zentrifugalkraft zur Wirkung, weil bei jeder Umdrehung eines Punktes der Scheibe die Beschleunigung durch die Gravitation in den Nadirquadranten equilibrirt wird durch die Verzögerung in den Zenithquadranten der Bahn. Die Reibung ist bei dieser Stellung im Apparat Fig 9 etwas grösser wie in der Lotlage der Rotationsaxe.

Sie können nicht in der topologischen Anatomie wie: Mark, Fibrovasalien, Rinde, Epiblema-Monokotylenwurzel. — Zentralfibrovasalien, Rinde, Epiblema-Dikotylenwurzel einerseits: positiv gespanntes Mark, positiv gespannte Rinde, negativ gespannte Fibrovasalien, negativ gespannte Rinde u. s. f. andererseits Stamm gesucht werden. Warum nicht? Weil einzellige Pflanzen, oder cylinderzellige Algen positiv-negative Pole aufweisen, positiv-negative geotropische Krümmungen vollführen. Wir untersuchen daher zurückgreifend auf die Kreisfiguren 10—27 zunächst die Modalitäten der positiv negativen Krümmung an Cylindern. Ich greife heraus die Modalität Ia, füge dieser nur die Variante asymmetrischer Längsschwingungen hinzu, so lautet die entscheidende Definition für den in der Normallotlage stehenden Hohlcylinder: Er folgt von einem Ende, dem Zenithende, nach der Basis dem Nadirende, dem partiären Längenzuwachs. Ein der Länge nach ausgewachsener Cylinderabschnitt muss im basiskopen, ein in höchster potenzieller Energie des Längenzuwachses stehender Abschnitt muss im akroskopen Ende liegen. Die zwischen den Enden belegenen Cylinderniveaus folgen dem Gesetz der Kurvenschar Figur 7 (S. 254). Für die Lotlage sind hier asymmetrische Schwingungen, in welchen die grosse Amplitude zenithwärts gerichtet ist, gefordert.

Die Transversalschwingungen der Molekel sind in der Lotlage des Cylinders von gleicher symmetrischer Amplitude und in jedem Punkt des Kreisschnittes ihrer Intensität nach sehr viel kleiner wie die Längsschwingung. Beide Systeme von Schwingungen sind Energieäusserungen, welche von der Gravitation beeinflusst sein müssen. Ein solcher Cylinder wächst in der Normallotlage an seinem Zenithende geradlinig weiter, behält seine Cylinderform (vergrössert von der Spitze nach der Basis allenfalls seinen Durchmesser), weil die Schwingungsintensitäten von der Gravitation beeinflusst sind. Die Schwingungsintensitäten sind aber seine Energie, d. h. die Energie des Lebewesens, im gegebenen Fall eine Vaucheria. Wäre die Energie nach den beiden Richtungen die gleiche, so würde er trotzdem zenithwärts wachsen, erschiene aber als Kugel: Botrydium argillaceum. Wird jener Cylinder in die Horizontallage gebracht, so können in dem jetzt lotrecht stehenden Kreisschnitt, nach den aus dem Knightschen Versuch und dem Gesetz des Partiarlängen-

zuwachses fliessenden Deduktionen nicht in Betracht kommen die Varianten Fig. 10, 11, 12, sondern nur die Varianten Fig. 13—16, in welchen nach früheren Definitionen die Zenith- und Nadirmolekeln ihre Schwingungsenergie nicht verändern, die Horizontmolekeln HH, durch die Gravitation veranlasste asymmetrische Amplituden aufweisen müssen. Der Komplexvarianten für die Schwingungsenergien sind es dann vier, sie sind in Fig. 15, 16, 17, 18 graphisch dargestellt.

I. Komplexvariante.

Der Cylinder soll symmetrische Längsschwingungen besitzen, welche in der Normallotstellung und in der Horizontalstellung so bleiben. Der Molekulring (Fig. 10) hat in der Horizontalstellung in allen Molekeln symmetrische Transversal-Tangentialschwingungen, welche in der Lotlage des Ringes übergehen, in Fig. 13. Die Zenith- und Nadirschwingungen bleiben die gleichen. Die Schwingungen der Horizontpunkte HH werden asymmetrisch: die Amplitude nach dem Zenith ist kleiner, wie die Amplitude nach dem Nadir. Der liegend abgebrochen gezeichnete Cylinder Figur 14 A B zeigt nach dem Parallelogramm der Kräfte:

Für die Zenithpunkte, da die Transversalenergie in den beiden Zenithquadranten kleiner ist, gegenüber der Längsenergie, eine Resultirende RR der beiden Schwingungen, welche sich der Längsrichtung annähert (Fig. 14 A), für die Nadirpunkte (Fig. 14 B) dagegen, weil die beiden Nadirquadranten (Fig. 13) grössere Schwingungsenergie aufweisen, die Resultirende RR (Fig. 14 B), welche Annäherung an die Transversal-Tangentialrichtung haben muss. Ein solcher Cylinder verlängert wachsend seine Zenithoberseite parallel der Cylinderaxe stärker, wie die Nadirunterseite und geht in die, nach

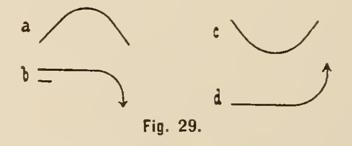


Fig. 29.

oben konvexe, nach unten konkave, positiv geotropische Form über, in welcher der Krümmungsbogen nach einem und dem andern Ende (Fig. 29 a) gleichsinnig in die Gerade verläuft.

II. Komplexvariante.

Der Cylinder soll (nach 25. Wachstum als Energieäusserung S. 311) durch das mit dem Pfeil W in Figur 15 fortschreitende, akropetale Wachstum bedingte, asymmetrische Längsschwingungen besitzen. Die Transversalschwingungen folgen wie vorher in beiden Lagen der I. Komplexvariante. Für die Zenithpunkte werden (Fig. 15 A) die Resultirenden Annäherungen an die Längsschwingung, für den Nadirpunkt Annäherungen an die Transversalschwingungen (Fig. 15 B) ergeben: für beide in der akroskopen Zuwachsrichtung Pfeil W ist dieses Verhältnis stärker ausgeprägt wie in der basiskopen Richtung. Der Cylinder wird positiv geotropisch und zwar so, dass der Krümmungsbogen, welcher mit der Spitze abschliesst, in die Horizontale übergeht (b in Fig. 29).

III. Komplexvariante.

Diese entspricht dem Übergang Figur 10 nach Figur 16. Hiebei wächst die Energie der Transversalschwingungen in den Zenithquadranten (Fig. 16) gegenüber den Nadirquadranten. Bei symmetrisch unveränderten Längsschwingungen (wie in Komplexvariante I) erhält der Zenithpunkt (Fig. 17 A) die Resultirende R R mit der Annäherung an die Transversalschwingung, der Nadirpunkt verhält sich (Fig. 17 B) umgekehrt. Der Cylinder geht wachsend in die negativ geotropische Krümmung so über, dass der Krümmungsbogen nach beiden Enden gleichsinnig in die Gerade verläuft (Fig. 29 c).

IV. Komplexvariante.

Hier ist alles wie in III, es kommen nur die asymmetrischen Längsschwingungen wie in II hinzu. Der Zenithpunkt (Fig. 18 A) erhält eine Resultirende mit Annäherung an die Transversale; der Nadirpunkt (Fig. 18 B) eine Resultirende mit Annäherung an die Längsrichtung. Der Cylinder wächst negativ geotropisch (Fig. 29 d), so, dass der Krümmungsbogen mit der zenithwärts gerichteten Spitze auf der einen Seite abschliesst, während er auf der andern in die Horizontale übergeht.

Es sind somit nicht die Längsschwingungen für Lot- und Horizontstellung entscheidend für die Krümmung, wie man aus der

ungleichen Länge des oberen und unteren Krümmungsbogens schliessen möchte, sondern die Transversalschwingungen, welche, in der Lotlage des Kreises grösser oder kleiner werdend, als Komponenten des Komplexes über die Grösse der Resultirenden entscheiden.

Keimstamm und Keimwurzel.

Anatomische Differenzen können nach dem obigen nicht herangezogen werden, um zu begreifen warum bei Horizontalstellung eines gradläufigen Keimling die Wurzel an der Zenithseite, der Stamm an der Nadirseite stärker wächst. Auch in morphotischen Differenzen kann die Ursache nicht gesucht werden.

19. Definition. a) Es giebt Keimlinge (Kruciferen), bei welchen zur Zeit der Aussaat der Wurzel- und Stammpol wohl morphotisch, different im Zellengefüge erscheinen. Das ganze Cylinderstück zwischen beiden Polen ist ohne Differenz, homogen aus tafelförmigen Parenchymzellen zusammengesetzt.

b) Es giebt solche Keimlinge, bei welchen vor der Aussaat die Prokambien der Fibrovasalien für Wurzel und Stamm angelegt sind. Die geotropische Polarität aber wird erst während der Keimung in die nunmehr sich differenzirenden Organe hineingelegt.

Ich hebe zwei Zellenringe heraus, welche hart an der Grenze liegen zwischen Keimwurzel und Keimstamm, so dass der eine über, der andere unter jener Grenze gewählt ist, und wende die Komplexvarianten II und IV an.

20. Definition. Für den Zellenring (Fig. 30 A), welcher der soeben differenzirten Keimwurzel angehört, sind die Transversalschwingungen gleichmässig um das Zentrum verteilt. Die Längenschwingungen werden in dem Zeitpunkt, in welchem die Keimung beginnt, durch die Gravitation asymmetrisch. Der Keimling soll in der Normallotstellung sein. Das Gebilde entspricht der Fig. 30 A ohne die asymmetrischen Pfeile und besteht in Hinsicht auf den einfachen Cylinder (Fig. 13) aus zwei Hohlcylindern, welche durch Radialmembranplatten verbunden erscheinen. Die Tangential- und die Radialschwingungen sind für alle Punkte gleich und symmetrisch.

Geht der Zellenring aus der Horizontalstellung in die Lotstellung, so gilt für die Kreislamellen dasselbe wie für den Einzel-

kreis in Fig. 13. Die Schwingungen in den H H₁ punkten werden in der Richtung der Gravitation asymmetrisch. Für die Radialplatten erhalten die Zenith- und Nadirpunkte die grösste Intensität ebensolcher Schwingungen. Alle nicht in den Horizont fallenden Radiallamellen erhalten erdwärts gerichtete grössere Amplituden transversaler Schwingungen. Dies ergiebt für die Tangentialtransversalschwingungen kombinirt mit den Längsschwingungen die Komplexvariante II. Die Schwingungen der Radiallamellen, wie leicht aus den Konstruktionen Figur 30 A ersichtlich ist, veranlassen keine

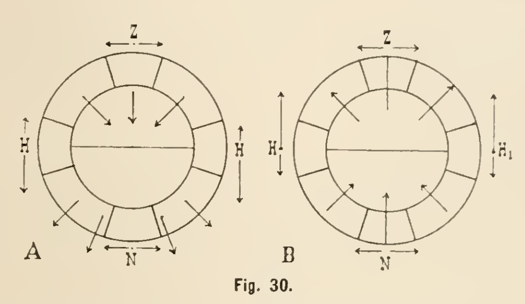


Fig. 30.

A Zellenring aus der Keimwurzel in der Lotlage (Horizontalstellung der Wurzel)
B Ebensolcher Zellenring aus dem Keimstamm.

Veränderung der Resultirenden. Für die Zenith- und Nadirtangentiallängenansicht tritt keine Veränderung der Resultirenden ein: Der Zellencylinder wächst und krümmt sich positiv geotropisch.

Das Gleiche lässt sich zeigen für den Zellenring, welcher dem Keimstamme entspricht. Hier ist gefordert: beim Übergang in die Lotlage des Ringes für alle irgend geneigt stehenden Radialwände asymmetrische Schwingungen, die grösste Amplitude nach oben Figur 30B. Nur für die Radialwände in H H₁ bleiben die Schwingungen symmetrisch. Der Zellencylinder muss, in der Horizontalstellung wachsend, eine negativ geotropische Krümmung ausführen.

Die beiden in der Keimaxe gewählten Scheiben stellen nun aber noch viel höhere Anforderungen. Unsere Scheibe Figur 28 besteht aus Zellenketten mit kambialem Zuwachs, also mit gleichen Transversal-Zentrifugaltendenzen, wie sie als Zenith- und Nadirtendenzen in der Koordinatenfigur 7 (für den Längenzuwachs) dargelegt wurden. Solange die Scheibe Figur 28 im Horizont steht, sind diese Zentrifugaltendenzen gleich nach allen Transversalradien.

Steht sie als Wurzelscheibe im Lot, so erhält die Zenithkette eine Minderung, die Nadirkette eine Steigerung ihrer Energie der Radial-Zentrifugaltendenz.

Steht sie als Stammscheibe im Lot, so erhält die Zenithkette eine Steigerung, die Nadirkette eine Minderung ihrer Radial-Zentrifugaltendenz.

Da diese Tendenzen sich umsetzen in die Peripherievergrösserung, so wird die Tangentialschwingung für die im Lot stehende Wurzelscheibe an der Nadirhemisphäre grösser, an der Zenithhemisphäre kleiner. Dies sind aber die Forderungen für die Annäherung der Resultirenden an die Längsschwingung (Konstruktion Fig. 14 und 15 A). Die Wurzel muss, wachsend, sich positiv geotropisch krümmen.

Bei derselben Umsetzung der Zentrifugaltendenz in die Peripherievergrösserung in der im Lot stehenden Stammscheibe erhält die Zenithseite die grössere Tangentialschwingung, der Stamm muss, nach den analogen Forderungen, Konstruktion Figur 17, 18 B, wachsend, sich negativ geotropisch krümmen.

Die Deduktion darf somit als abgeschlossen angesehen und mag rekapitulirt werden mit Zugrundelegung eines Gedankenganges, wie ihn Knight angestellt haben wird, ehe er zu seinem berühmten Differenzversuch schritt. Aus der Hand eines Sämannes fallen Sämereien in die Unebenheiten des Saatlandes. Jeder der Samen soll einen geradläufigen Keimling enthalten, an welchem wohl die Pole, Wurzel und Stammpol, morphotische Differenzen aufweisen, Wurzel und Stamm als fertige Gebilde nicht differenzirt sind (Abietineen, Fraxinus, Juglans, Quercus u. m. a.). Wie auch in den tausenden von Lagen, welche bei der Aussaat zu stande kamen, der Wurzelpol liegen mag, ob zenith- ob erdwendig, der Enderfolg ist für alle der gleiche. Alle Wurzeln wachsen erdwärts. Die Stämme zenithwärts geradläufig. Erst während der Keimung differenziren sich Wurzel und Stamm. Damit werden zwei Energierichtungen geschaffen. Lag der Keimling durch Zufall in der Lotnormallage, so wird den Energietendenzen unbehindert Folge gegeben. Die Gravitation schafft und bewirkt die Polarität in einem Lebewesen, welches sie vorher nicht besass. Die beiden Pole, Urmeristem der Wurzel und Urmeristem des Stammes führen zwei durch die

Gravitation vorgeschriebene, räumlich entgegengesetzte Bewegungen aus. Der eine Pol wird zenithwärts der andere erdwärts verschoben. Zwischen beiden schalten sich die Zuwachsteile ein, in welchen die potenzielle Energie in aktuelle umgesetzt wird. Diesen zwei in entgegengesetzter Richtung wirkenden Energien entspricht in gegebener Phase in der Normallotlage eine bestimmte Atmungsgrösse. Wird das System umgekehrt, so sinkt diese. Hieraus folgt: die Molekulschwingungen, welche der Energie des sichtbaren Wachstums zu Grunde liegen, stehen unter dem Einfluss der Gravitation und stehen in Kausalzusammenhang mit der Atmungsgrösse. In der Normallotlage haben die beiden Längsschwingungen die grössere Intensität gegenüber ihren Transversalschwingungen, für welche zwei Transversalachsen der Schwingungsrichtung gefordert sind. Die Umkehrung zeigt zunächst nur, dass die Transversalschwingungen nicht geändert, während die Längsschwingungen ihrer Intensität nach gemindert werden. Längenzuwachsrichtung Z, grosse Amplitude a, der asymmetrischen Längsschwingung fallen zusammen bei beiden Organen, sie fallen aber nicht mit der Richtung der Gravitation G zusammen.

Normallotlage.	Inverse Lotlage.
Wurzel a, Z, G fallen zusammen.	a, Z sind der Richtung von G entgegen.
Stamm a, Z sind entgegengesetzt zu G.	a, Z und G fallen zusammen.
Hoher Wert für A.	Niederer Wert für A.

Wird das System in die Horizontalstellung gebracht, so sinkt die Atmungsgrösse gleichfalls. Die Längsschwingungen verlieren an Intensität. Dies ergiebt für sich allein keinen Unterschied für eine Molekellängsreihe im Zenith, gegenüber einer solchen im Nadir. Da nun aber die Cylinder-Transversalschwingungen, durch die neue Stellung, ihrer Intensität nach durch die Gravitation verändert werden, weil eine Zenith-Radialkette und eine Nadir-Radialkette sich so verhalten, wie eine Wurzel- und Stamm-Längskette in der Normallotstellung, so muss die Tangential-Transversalschwingung in der Zenithhemisphäre für die Wurzel kleiner, in der Nadirhemisphäre grösser werden. Dadurch wird für die Wurzel die Resultirende aus Längs- und Tangential-Transversalschwingung für eine Molekel-Längsreihe im Zenith der Längsrichtung ange-

nähert. Im Nadir wird dieselbe Resultirende der Tangential-Transversalrichtung angenähert. Die Wurzel wächst im Zenith stärker wie im Nadir in die Länge, es kommt zur positiven Krümmung. Im Stamm kehrt sich dies um; die Resultirende fällt im Nadir in die Längsrichtung, im Zenith in die Querrichtung. Der Stamm wächst im Nadir stärker in die Länge wie im Zenith; er kommt in die negativ-geotropische Krümmung. Alle solche Krümmungen entsprechen einem Verlust an Energie des Längenwachstums.

D. Atmung während der Bestrahlung.[1]

Werden lebende, grüne Pflanzenblätter in die Rezipienten gegeben mit den Stäbchen von Kalilauge, so also, dass alle Kohlensäure, welche durch Atmung gebildet, sofort absorbirt wird, so bildet ein solcher Rezipient, im Dunkeln aufgestellt („der Dunkelrezipient“), die Basis für die Berechnung der Atmungsgrössen im Lichte.

19. Definition. Von der vollen Sonnenbestrahlung durch allmählich abnehmende Lichtgrade bis zur absoluten Finsternis, im Dunkelrezipienten, muss bei der gewählten Zusammenstellung der Apparate ein Lichtgrad liegen, in welchem die Spiegel des Manometers konstant bleiben, die Spiegeldifferenzen gleich Null sind und bleiben, so lange die gegebene Lichtintensität herrschend bleibt. Die Rechnung würde hier als Volumverlust Null, der bei der gleichen Temperatur im Dunkeln aufgestellte Rezipient würde dagegen m cm^3 Kohlensäure ergeben.

20. Definition. Wird der Lichtrezipient aus dem gegebenen Lichtgrad in einen geringeren Lichtgrad gebracht, so würde er n cm^3 Kohlensäure ergeben, wo $n < m$. Es folgt hieraus: in einem mässig beleuchteten Rezipienten, welcher grüne Pflanzenblätter ent-

---

[1] Methode. Eines der Versuchszimmer, welches den Heliostatenspiegel an seinem Südfenster aufnimmt, ist absolut verfinstert. Ein zweites, mit dem ersten in Verbindung stehendes, kann für Vorbereitungen bis zu einem geringen Lichtdämmer verdunkelt werden.

Drei Bestimmungen für die Intensität des Lichtes werden an jedem Versuchstage ausgeführt.

hält und in welchem das Volum konstant bleibt, wird genau soviel Kohlensäure durch Oxydation gebildet, wie O durch Zersetzung der Kohlensäure ausgeschieden wird oder mit andern Worten: in einem solchen Rezipienten halten sich Reduktion und Oxydation das Gleichgewicht. Es folgt ferner:

21. Definition. Das für die gleiche Blattfläche und Art im Dunkelrezipienten in gleicher Zeit erhaltene Kohlensäurevolum m minus dem Kohlensäurevolum n, welches in niederem Lichtgrad erhalten wurde, ist gleich dem Sauerstoffvolum, welches hier mehr gebildet wurde wie im Dunkelrezipienten.

1. Lichtmessung.

Die Heliostatenöffnung wird ohne Sammellinse durchstrahlt und mit soviel Kartonlagen bedeckt, bis absolute Dunkelheit herrscht. 9 Kartonlagen kommen für die nachfolgenden Versuche zur Wirkung.

2. Grüne und vorzeitig vergilbte Blätter.

Serie 207.

Aesculus hippocastanum. Blätter im Licht (diffuses Wolkenlicht). 10. Juli. Dauer 1 Stund 45 Minuten. T 19⁰ C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
I	Vorzeitig vergilbte Blätter . .	3,3	0,83	3,976	73,67
II	Normalgrüne Blätter	3,5	1,10	3,110	0

R 175. — Bei einem und demselben schwachen Lichtgrad, bei der Temperatur von 19⁰ C, zeigt das normal-grüne Blatt der Rosskastanie die Atmungsgrösse 0. Das im Juli im Schatten der Baumkrone vorzeitig vergilbte zeigt für A den Wert von 73,67 cm^3.

3. Panachirte Blätter.

Von einem stark panachirten Acer Negundo konnten reine Grünflächen und reine Weissflächen des Blattes herausgeschnitten werden. Zwei Differenzen ergeben sich für das Licht und zwei für die Dunkelheit. Das Licht ist diffuses Wolkenlicht.

Serie 208.

Acer Negundo; stark panachirte Blätter.
1. August. Dauer 5 Stunden 10 Minuten. T 20° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Die Grünflächen im Dunkeln .	1,45	0,43	3,372	32,56
3	„ Weissflächen „ „ .	1,45	0,43	3,372	14,80
4	„ Grünflächen „ Licht . .	1,45	0,43	3,372	0
5	„ Weissflächen „ „ . .	1,40	0,35	3,999	0

R. 176. — In dem Versuch war die direkte Sonnenbestrahlung ausgeschlossen. Nur die Dunkelrezipienten ergeben Kohlensäure, die Lichtrezipienten ergeben beide positiven Gaszuwachs. Dieser ist bei der Grünfläche grösser, 65,54 gegenüber 49,35 für die Weissfläche pro g T für 100 Stunden. Die grünen und die Weissflächen haben im Licht die Atmungsgrösse 0.

4. Methode der Stanniolbedeckung.

Den Quer- und Längendimensionen der sechs Gasrezipienten (Fig. 1) entsprechen rechteckige Streifen aus Fensterglas, 25 mm breit, 155 mm lang. Sie sind zur Hälfte mit Stanniol belegt, zwischen zwei solcher Glasplatten werden die genügend grossen Laubblätter eingeklammert und mit der Scheere parallel den Rändern der Glasplatten beschnitten. Die Gesamtlaubblattfläche von 38,75 □cm zerfällt nun in Hinsicht auf Lichtgenuss in eine Dunkel- und eine Lichthälfte, jede zu 19,37 □cm.

22. Definition. Wird diese Vorrichtung in gradweise abnehmenden Lichtintensitäten bestrahlt, so muss es einen Lichtgrad geben, bei welchem die Spiegeldifferenz 0 bleibt, die Rechnung des Kohlensäurezuwachses 0 ergiebt, weil die Lichthälfte gerade soviel Kohlensäure reduzirt, wie in der Dunkelhälfte gebildet wird.

5. Lichtkegel-Stanniolversuch (I).

Drei Recipienten werden je mit gleichen Blattabschnitten von Ulmus montana in der Weise beschickt, dass die Blattstreifen, zwischen zwei Glasplatten liegend, genau normal zum Lichtstrahlen-

büschel orientirt sind, welches mit Hilfe einer Sammellinse und des Heliostaten in den Dunkelraum geleitet wird. Mit zwei beleuchteten Rezipienten wird ein in absoluter Dunkelheit stehender verglichen.

In einem der Lichtrezipienten sind die Blätter frei. im andern sind sie zum Teil mit Stanniol belegt:

Serie 209.

Ulmus montana: Stanniol-Lichtkegelversuch: Öffnung 7 cm und Brennweite der Linse 22 cm.

1. Juni. Dauer 6 Stunden T 19,5 - 20,5° C.

Durchmesser des Lichtkegels	Entfernung vom Brennpunkt	R		F	CO_2 cm^3	CO_2 pr. g F 100 St.	Lichtintensität
cm	cm						
53	160	2	Drei Blattlagen zur Hälfte mit Stanniol . . . . Stann.	0,90			
			frei	0,57	1,73	18,21	0,0162
53	160	3	Drei Blattlagen nicht mit Stanniol belegt	1,50	1,12	13,58	0,0162
		2	Dunkelrezipient, 3 Blattlagen (4 St. 25 Min.)	1,67		18,32	0

36 □cm der frischen Blattfläche wiegen 0,65 g. Lichtgrenze 9 Kartonlagen.

Im Dunkelrezipienten sind pro g des Frischgewichtes 18,32 cm^3 Kohlensäure gebildet für 100 Stunden. Im Lichtrezipienten, welcher die Blätter nicht belegt zeigt, 13,58 cm^3 Kohlensäure plus 4,74 cm^3 Sauerstoff, zusammen 18,32 cm^3. Diese 4,74 cm^3 Sauerstoff müssten der Assimilationsgrösse der gegebenen Lichtintensität entsprechen.

Für den Stanniolrezipienten berechnet sich die Atmungsgrösse für die freie Seite aus den Daten des Rezipienten 3 zu

$$\frac{1,47}{1,50} \cdot 13,58 = 13,30$$

und für die bedeckte Seite aus den Daten für den Dunkelrezipienten zu

$$\frac{1,47}{1,67} \cdot 18,32 = 16,13.$$

Hieraus:

R 2	Der Dunkelrezip.	18,32 cm³ Kohlensäure	u. 0	cm³ Sauerstoff
„ 3	Der Lichtrezip.	13,58 „ „	„ 4,74	„ „
„ 2	Die Stanniolseite	11,21 „ „	„ 0	„ „
	Die freie Seite	7,00 „ „	„ 0,11	„ „

R 177. — Bei 16 Tausendstel der Intensität des einfallenden Strahles wird somit in der Dunkelhälfte von drei Lagen des Ulmenblattes soviel Kohlensäure gebildet, dass die Sauerstoffbildung der Lichthälfte aufgehoben erscheint.

6. Lichtkegel-Stanniolversuch (II).

Am 2. Juni wurden fünf Rezipienten beschickt.

Serie 207.

Aesculus hippocastanum; Stanniol-Lichtkegelversuch. $\frac{F}{T} = 3{,}071$.

Brennweite der Linse 22 cm, Öffnung der Linse 7 cm.

2. Juni. Dauer 7 Stunden. T 21—22° C.

Durchmesser des Lichtkegels	Entfernung vom Brennpunkt	R		F	CO_2 cm³	CO_2 pr. g F 100 St.	Lichtintensität
cm	cm						
25	80	2	Vier Blattlagen nicht belegt, 7 St.	2,25	0,25	1,58	0,07841
25	80	3	Vier Blattlagen zur Hälfte mit Stanniol belegt, 7 St.	2,40	1,53	9,11	0,07841
130	130	4	Vier Blattlagen zur Hälfte mit Stanniol belegt, 7 St.	2,43	2,16	12,70	0,0029
190	190	5	Vier Blattlagen zur Hälfte mit Stanniol belegt, 7 St.	2,92	2,61	12,79	0,001357
		2	Dunkelrezipient, 3 St. . .	2,25	1,26	18,66	0

36 □cm der frischen Blattfläche wiegen: 0,54 g. Lichtgrenze 9 Kartonlagen.

Da die Blattabschnitte die Glasschablonen ganz bedecken, so fällt die Flächengewichtsreduktion hinweg. Die Staniollagen

sind genau 1/2 der Gesamtfläche. Dieser entspricht für alle Stanniolseiten der Wert von 9,33 Kohlensäure.

Licht-intensität	R		CO_2	Sauer-stoff
0	2	Der Dunkelrezipient	18,66	0
0	5	Die halbe Stanniolseite	9,33	0
0,001357		„ „ freie Seite	3,46	5,87
0	4	Die halbe Stanniolseite	9,33	0
0,0029		„ „ freie Seite	3,46	5,96
0	3	Die halbe Stanniolseite	9,11	0,22
0,0784		„ „ freie Seite	0	9,33
0,0784	2	Die ganze freie Seite	1,58	17,08

R 178. — Am 2. Juni bei 21—22° C. werden bei $\frac{1}{1000}$ der Lichtintensität des Sonnenlichtes in vier hintereinander belegenen Rosskastanienblättern aus den Gasen der Atmosphäre gebildet: in der Dunkelhälfte (19,37 □ cm³) der Fläche 9,33 cm³ Kohlensäure; in der Lichthälfte (19,37 □ cm³) nur 3,37 cm³ Kohlensäure, was für diese Lichthälfte die Bildung von 5,96 cm³ Sauerstoff bedeutet. Bei $\frac{1}{1000}$ der Lichtintensität (ausserordentlich klarer Sonnentag) ist somit die Assimilation (Kohlensäurereduktion) noch merklich. Bei sonst ganz gleichem Betrieb, aber einer Intensität von $\frac{78}{1000}$ der Intensität des Sonnenlichtes kommt für die Dunkelhälfte der Blattlagen 9,11 cm³ Kohlensäure (also 0,22 cm³ weniger wie für die halbe Fläche der Blätter im Dunkelrezipienten gefordert ist), für die Lichthälfte kommt dementsprechend Kohlensäure = 0. Sauerstoffproduktion 9,33 cm³. Hier liegt also nach der Definition 22

das Gleichgewicht, die Bilanz: bei $\frac{78}{1000}$ der Intensität des Sonnenlichtes wird in vier Blattlagen der Rosskastanie annähernd so viel Sauerstoff in der Lichthälfte durch Reduktion gebildet, wie Kohlensäure in der Schattenhälfte durch Atmung erzeugt wird. Da nun aber A die Atmungsgrösse im Dunkeln eine Funktion der Temperatur, die Assimilation selbst ebenfalls eine Funktion der Temperatur sein muss, so erhellt, dass solche Werte, wie sie hier abgerundet als $\frac{1}{1000}$, als $\frac{78}{1000}$ der Intensität der Sonnenlichter angegeben sind, keine physisch-physiologischen Konstanten sein können. Beachtet man andererseits, dass A noch von der Phase abhängt (man vergleiche oben Serie 133 u. a.), so sieht man leicht ein, dass in Hinsicht der Kraftübertragung der Lichtschwingung auf die Schwingung der Molekulkomplexe in der Pflanze eine ausserordentlich grosse Komplikation herrschen muss.

7. Lichtkegelversuch (III) im Vergleich mit dem Spektralversuch.

Alle zur Hälfte mit Stanniol belegt.

26. Juni (klarer Tag). Dauer 1 Stunde 30 Minuten. Temp. 20° C.

Dunkelrezipient für A 196,8.

Serie 211.

R	Entfernung vom Brennpunkt	Durchmesser des Kegels	Lichtintensität	F	T	$\frac{F}{F}$	A
1	44	16	0,2228	2,1	0,71	3,732	50,70
2	70	25	0,0784	2,0	0,63	3,175	68,79
4	150	51	0,0196	2,55	0,85	3,005	104,3

Die Rechnung wie vorher für die halbe Fläche im Dunkelrezipient 98,4 für A.

R		Kohlensäure	Sauerstoff
1	Lichthälfte	0	98,4
	Dunkelhälfte	50,70	47,7
		50,70	146,1
2	Lichthälfte	0	98,4
	Dunkelhälfte	68,79	29,61
		68,79	128,01
4	Lichthälfte	5,9	92,5
	Dunkelhälfte	98,4	0
		104,3	92,5

R 179. — Die Annäherung an den Gleichgewichtszustand ergiebt sich hier bei zwei Tausendstel der Lichtintensität mit 92,5 Sauerstoff, 104,3 Kohlensäure.

8. Versuche im objektiven Sonnenspektrum.

Die brechende Kante des Schwefelkohlenstoffprismas ist 8 cm lang. Der Spalt ist auf 4 mm geöffnet. In einer Entfernung von 2,5 m projizirt sich ein objektives Spektrum von 49 cm Länge. Die Rezipienten enthalten die Blattstreifen zwischen Glasschablonen. Diese messen 24 mm × 156 mm. Die Schablonen sind zu $^1/_2$ der Fläche mit Stanniol gedeckt.

Steht im roten Ende 0, im violetten 48, so stehen die Rezipienten (s. Fig. 31 nächste Seite):

R 2 bei 4—8 cm vom roten Ende
R 3 „ 16—19 „ „ „ „
R 4 „ 29—32 „ „ „ „

Der Versuch wurde an einem ganz wolkenlosen Tage angestellt.

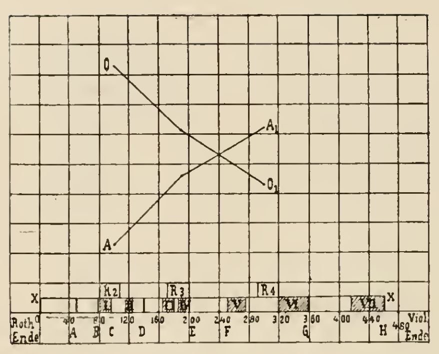


Fig. 31.

Die wirkliche Länge des objektiven Spektrums ist 480 mm in Millimeter-Koordinaten, reduzirt auf 1/4, ABCD u. s. f. die Frauenhoferschen Linien, I II III u. s. f. die Absorptionsbänder des Alkoholchlorophylls. R2 R3 R4 die Lage der Rezipienten, A A_1 die Kohlensäure, O O_1 die Sauerstoffmengen, beide für 2 cm^3 = 1 mm der Ordinaten. Diese Konstruktion auf 2/5 photographisch verkleinert, bildete die Vorlage.

Serie 212.

Aesculus hippocastanum; Spektralversuch.

24. Juni. Dauer 1 Stunde 10 Minuten. T 21—22° C.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
2	Dunkelrezipient	2,30	0,85	2,706	195,2
2	Rot $\overline{BC}$	2,30	0,85	2,706	37,53
3	Grün	3,002	1,100	2,729	83,07
4	Indigo	2,610	0,85	3,071	114,7

Die Rechnung ist in gleichem Sinne wie im Lichtkegelstanniolversuch durchzuführen, wobei zu beachten ist, dass den stanniolbedeckten Flächenhälften 97,6 cm^3 Kohlensäureproduktion zukommt.

R			Kohlensäure	Sauerstoff
2	Dunkelrezipient .	Dunkelhälfte	97,6	0
		Dunkelhälfte	97,6	0
			195,2	0

R			Kohlensäure	Sauerstoff
2	Rot BC	Lichthälfte Dunkelhälfte	0 37,53 37,53	97,6 60,07 157,67
3	Grün	Lichthälfte Dunkelhälfte	0 83,07 83,07	97,6 14,53 112,13
4	Indigo	Lichthälfte Dunkelhälfte	17,1 97,6 114,7	79,1 0 79,1.

R 180. — Im Rot $\overline{BC}$ ist A am kleinsten, entsprechend den früheren Ergebnissen über die Assimilation der Kohlensäure; eine Bilanz, wie oben definirt, ist in dem Versuch nicht erzielt. R 3 Grün hat immer noch 112 Sauerstoff gegen 83 Kohlensäure.

Serie 213.

Aesculus hippocastanum; Spektralversuch.

25. Juni. Dauer 1 Stunde 55 Minuten. T 22,5—23,5° C.

Spaltenweite 2 mm.

R		F	T	$\frac{F}{T}$	A
1	Rotes Ende	2,8	0,95	2,947	58,80
2	Gelb und grün	2,4	0,75	3,193	61,20
3	Anfang blau	2,25	0,80	2,813	62,65
4	Blau und violett	2,70	0,87	3,100	70,21

Der Dunkelrezipient ergiebt für A den Wert 196,8.

Die Rechnung wie vorher die halbe Fläche des Dunkelrezipienten 98,4.

R			Kohlensäure	Sauerstoff
1	Rotes Ende . .	Lichthälfte	0	98,4
		Dunkelhälfte	58,8	39,6
			58,8	138,0
2	Gelb und grün .	Lichthälfte	0	98,4
		Dunkelhälfte	61,2	37,2
			61,2	135,6
3	Anfang blau . .	Lichthälfte	0	98,4
		Dunkelhälfte	62,65	35,75
			62,65	134,15
4	Blau und violett .	Lichthälfte	0	98,4
		Dunkelhälfte	70,21	27,19
				125,59

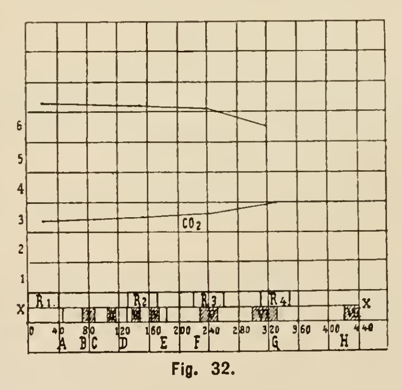


Fig. 32.

Die wirkliche Länge des objektiven Spektrums ist 440 mm.
Alle Reduktionen wie vorher.

R 181. — Das rote Ende zeigt den kleinsten Wert für **A.** Eine Bilanz ist auch hier nicht realisirt. R 4 blau und violett zeigt 70 Kohlensäure für 125 Sauerstoff (Fig. 32).

Serie 214.

Blätter von Aesculus hippocastanum; Spektralversuch.

26. Juni. T 22—23° C.

Spaltenweite 2 mm.

R		F	T	F/T	A
1	Rot BC	2,03	0,71	2,03	40,15
2	Gelb-Orange	2,45	0,85	2,45	47,65
4	Grün . . . . :	2,05	0,70	2,05	44,29
5	Blau	2,33	0,90	2,33	56,11
6	Dunkelrezip. (absolute Dunkelh.)	2,27	0,81	2,37	186,8

Die Rechnung wie vorher, die halbe Fläche des Dunkelrezipienten 93,4.

R			Kohlensäure	Sauerstoff
1	Rot $\overline{BC}$	Lichthälfte	0	93,4
		Dunkelhälfte	40,15	53,25
			40,15	146,65
2	Gelb-Orange . .	Lichthälfte	0	93,4
		Dunkelhälfte	47,65	45,75
			47,65	139,15
4	Grün	Lichthälfte	0	93,4
		Dunkelhälfte	44,29	49,11
			44,29	142,51
5	Blau	Lichthälfte	0	93,4
		Dunkelhälfte	56,11	37,29
			56,11	130,29

R. 182. — Das Ergebnis ist die Bestätigung des R 180. Die Strahlengruppe BC hat den kleinsten Wert für A (hiezu Fig. 33).

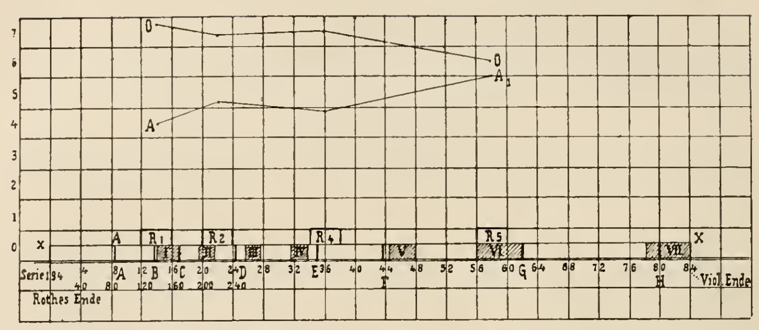


Fig. 33. Versuche im objektiven Spektrum.

Die wirkliche Länge des objektiven Spektrums beträgt 840 mm vom roten zum violetten Ende. Diese Länge wurde in Millimeter-Koordinaten so reduzirt, dass 40 mm = 10 mm erscheinen. Die Strahlenbüschel, welche auf Rezipienten fallen, entsprechen den rechteckigen Flächen R 1 R 2 R 4 R 5. Die Streifen I—VII entsprechen den Absorptionsbändern des Alkoholchlorophylls. Hierauf wurden auf X X aufgetragen: A A_1 die Werte der Atmungsgrösse und O O_1 die Werte der Sauerstoffproduktion. 2 cm^3 = 1 mm der Ordinaten für den Sauerstoff; 1 cm^3 Kohlensäure = 1 mm für die Atmung. Diese Konstruktion, auf $^2/_5$ photographisch verkleinert, bildete die Vorlage für die Abbildung.

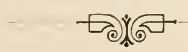
Derartige Versuche sind, wie bekannt, zeitraubend. Günstige Lichttage sind selten. Sehr oft sind alle Vorbereitungen für die Durchführung der Versuche getroffen, die Stunde der Bestrahlung kommt, die Sonne versagt.

9. Schluss.

Gegenüber dem Aufwand von allen Pflanzen in der Atmung im Dunkeln, sind es ausserordentlich kleine Lichtintensitäten, welche ausreichen, diesen Prozess zu aequilibriren durch die Reduktion der Kohlensäure. Jedes gewonnene Kohlenstoffatom entspricht einem bestimmten Mass der potenziellen Energie für die vitalen Funktionen des Organkomplexes. Das lichtsammelnde grüne Blatt empfängt die Lichtschwingung, vernichtet ihre lebendige Kraft, setzt dieselbe in chemische Spannkraft um. Die reduzirte Kohlenstoffverbindung, das Assimilationsprodukt ist das Substrat der gewonnenen potenziellen Energie. Das Kohlenstoffatom steht im labilen Bewegungszustand, absolute Dunkelheit bringt es in die Form der Kohlensäure, eine geringste Lichtmenge bringt es zurück in die Form der verbrennlichen Substanz.

Inhalt.

C. Potenzielle und aktuelle Energie.



Zur Kenntnis der Wachstumsvorgänge im Verdickungsringe der Dikotylen

von

Max Nordhausen.

Einleitung.

Nachdem Sanio in den Untersuchungen über die Anatomie der gemeinen Kiefer[1] seine Initialentheorie für die Teilungsvorgänge im Verbindungsringe der Koniferen aufgestellt hatte, wurde diese Theorie stillschweigend auch auf die, ein sekundäres Dickenwachstum zeigenden baumartigen Lilien und Dikotylen ausgedehnt. Erst nach geraumer Zeit wurden betreffs der letzteren von Krabbe[2] Nachuntersuchungen angestellt, die indessen dieselben Resultate lieferten. Im Jahre 1889 wies alsdann Röseler[3] nach, dass der Verdickungsring der Dracaenen keineswegs eine Initiale im Sanioschen Sinne enthält, vielmehr ein meristematisches Gewebe darstellt, wie es in ähnlicher Weise in den Stammscheiteln der meisten höheren Gefässpflanzen vorkommt. Bald darauf zeigte Raatz,[4] nachdem zuvor Mischke[5] eine Modifikation der Sanioschen Theorie als notwendig erkannt hatte, dass sich die Koniferen ähnlich wie die Dracaenen verhalten.

Nach diesen Ergebnissen war es daher wohl angebracht, noch einmal in genauerer Weise das Verhalten des Dikotylenkambium zu prüfen. Da ferner verschiedene von Krabbe[6] in seinem „Gleitenden Wachstum" gemachten Angaben durch die von mir im Folgenden gefundenen Teilungsvorgänge in ganz anderem Lichte

---

[1] Pringsh's. Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, Bd. IX.

[2] Krabbe, Über das Wachstum des Verdickungsringes etc. Abh. d. berl. Akad. d. Wissensch., 1884.

[3] Röseler, Das Dickenwachstum und die Entwicklungsgeschichte der sekundären Gefässbündel bei den baumartigen Lilien. Pringsh's. Jahrb., Bd. XX, 1889.

[4] Raatz, Die Stabbildungen im sekundären Holzkörper der Bäume etc. Pringsh., Bd. XXIII.

[5] Mischke, Beob. über das Dickenw. d. Koniferen, Bot. Zentralbl., 1890.

[6] Krabbe, Abh. d. kgl. Akad. d. W., 1886.

erscheinen, glaubte ich auch hierauf näher eingehen zu müssen. Betreffs des ersten Teiles meiner Arbeit konnte ich mich, da viele Punkte schon von Raatz genauer untersucht worden waren, wesentlich kürzer fassen.

I. Das Kambium.

Da sich in der erwähnten Arbeit von Raatz gezeigt hatte, dass die zuerst von Sanio angewandte Beurteilung einer Kambiumwand nach ihrer Dicke und Ansatzstelle keineswegs allein zur genaueren Bestimmung ihres Alters massgebend sein kann, habe ich bei meinen folgenden Untersuchungen die direkte Beobachtung der Zellteilungsvorgänge mehr in den Hintergrund gestellt. Besonderes Gewicht habe ich dagegen auf solche Kriterien gelegt, welche allerdings nur indirekte, jedoch zuverlässige Anhaltspunkte für die Teilungsvorgänge liefern. An der Hand dieser Beobachtungen werde ich zuerst die Unhaltbarkeit der Sanioschen Theorie zu zeigen suchen.

1.

a. Ein ganz besonders günstiger Prüfstein für unsere Frage bilden die sog. „Stäbe". Dieselben wurden zuerst von Sanio zur Widerlegung der Hartigschen Doppelinitiale angewandt, ohne dass indessen eine Erklärung ihrer Entstehungsweise vorhanden war. Raatz hat sodann eine solche in befriedigender Weise gegeben und auch gleichzeitig in grösserem Umfange die Stäbe zur Beurteilung der Zellteilungen im Kambium der Koniferen benutzt. Ehe ich nun zur Besprechung meiner eigenen Stabbefunde übergehe, sei es mir gestattet, mit wenigen Worten die Entstehung der Stäbe zu beleuchten, soweit deren Kenntnis zum Verständnis des Folgenden notwendig ist.

Wenn nach Raatz in einer Kambiumzelle durch irgend welche, noch nicht aufgeklärte Umstände eine grössere Abnahme des Turgors stattfindet, kann der Fall eintreten, dass zwei gegenüberstehende Wände sich berühren und unter Umständen auch verwachsen. Geeignet hiefür sind natürlich nur die Tangentialwände. Steigt jetzt der Turgor wieder, so werden die Wände auseinandergedrängt und die Berührungsstelle, je nach ihrer Beschaffenheit, zu einem stab- bis bandförmigen Gebilde ausgezogen. Wenn sich nun die Kambiumzelle durch tangentiale Wände teilt, so wird der Stab in beiden Tochterzellen vorhanden sein und, da er aus Cellulose besteht, sich

wie eine Zellwand verhalten, d. h. Wachstum in die Dicke und Länge[1] zeigen. Hierdurch ist es möglich, dass der Stab bei wiederholten Teilungen sich durch eine grosse Reihe von Zellen erstrecken kann. Er bildet aber so ein Kriterium für die Zusammengehörigkeit der so entstandenen Zellen, insofern, als dieselben zweifellos von einer gemeinsamen Mutterzelle abstammen.

Was das Vorkommen der Stäbe anbetrifft, so fanden sich dieselben bei den verschiedensten Hölzern: Salix, Populus, Sambucus, Tilia, Juglans etc. Ein höchst geeignetes Objekt bildete für mich ein einjähriger Sambucuszweig, bei dem Stäbe in grösserer Anzahl vorkamen.

Die gefundenen Stäbe lassen sich nun in zwei Kategorien einteilen. Erstens solche, welche sich vom Holz bis in die Rinde hinein erstrecken, also auch das Kambium durchschneiden, sog. „Langstäbe"[2]; zweitens solche, welche sich im Holz oder in der Rinde allein finden, ohne das Kambium zu berühren, sog. „Kurzstäbe". Die Langstäbe deuten nun an, dass eine Zelle im Kambium sowohl nach innen als nach aussen Holz- resp. Rindenzellen abgeschieden hat. Auf welche Weise und wie lange diese Zelle thätig war, ist vorläufig noch nicht zu entscheiden. Jedenfalls aber können diese Stäbe als ein Kriterium für Sanios Theorie gelten und müssen deshalb unberücksichtigt bleiben (vergl. p. 17.). Ähnlich verhält es sich mit den zweizelligen und, wenn ich die Resultate Mischkes auch auf die Dikotylen übertrage, den vierzelligen Kurzstäben. Sie bestätigen ebenfalls die Sanioschen Zwillinge resp. Mischkeschen Vierlinge. Von eigentlicher Bedeutung für vorliegende Arbeit sind jedoch nur solche Kurzstäbe, welche durch eine grössere Anzahl von Zellen hindurchgehen.

Hierbei muss ich noch einen Punkt erwähnen, der sich auf die Beobachtung der Stäbe im allgemeinen bezieht. Ich habe die Stäbe meistens auf radialen Längsschnitten untersucht. Da nun aber das Dikotylenholz infolge der Ungleichartigkeit seiner Elemente eine ziemlich unregelmässige Struktur besitzt, so dass ein Stab auf dem Querschnitt häufig im Zickzack verläuft, so ist nicht immer leicht zu entscheiden, ob man natürliche oder künstlich durch den Schnitt hervorgerufene Enden des Stabes vor sich hat. Ein sicheres

[1] Das Längenwachstum erfolgt unter Zugspannung.

[2] Vergl. Raatz, l. c.

Merkmal, auf welches ich mich in zweifelhaften Fällen stützte, bildeten kleine, schalenförmige Einsenkungen an den Enden des Stabes. Dieselben finden nach Raatz in der Entstehungsweise der Stäbe ihre Erklärung. Demnach steht mir nach Ausscheidung aller zweifelhaften Fälle ein nicht gerade reichliches, aber doch zuverlässiges Material zur Verfügung.

Was nun die Stabfunde selbst anbelangt, so beziehen sie sich auf Stäbe von 6—25 Zellen Länge. Ausserdem stehen mir noch eine ziemliche Anzahl von solchen zur Verfügung, deren äusseres, nach dem Kambium zu gelegenes Ende sicher bestimmbar war, während auf der anderen Seite der Schnitt sie begrenzte, so dass dieselben sicher als Kurzstäbe anzusehen waren. Diese Fragmente waren 6—11 zellig, die ganzen Stäbe also noch länger.

Mit anderen Worten deuten nun alle diese Funde darauf hin, dass auf einer Radialreihe im Holze grössere (bis 25 zellige) Abschnitte vorkommen, die ihren Ursprung aus einer gemeinsamen Mutterzelle genommen haben. In welcher Weise diese Zelle thätig gewesen ist, kann ich zum Teil aus folgender Betrachtung schliessen. In Fig. 1 liegt der besondere Fall vor, dass die letzten 4, dem Marke zu gelegenen Zellen neben dem langen noch einen kleinen Stab enthalten.[1] Nun stellen die den längeren Stab begrenzenden Zellwände die Grenzen der ehemaligen Mutterzelle dar. Der kleinere Stab dagegen wird von einer augenscheinlich erst später aufgetretenen Wand begrenzt, muss demnach auch erst später entstanden sein, in dem eine, den längeren Stab schon enthaltende Zelle, sich nochmals geteilt hat. Ziehe ich ausserdem die relativ häufig vorkommenden zweizelligen Stäbe in Betracht, so kann ich ziemlich sicher annehmen, dass ein längerer Stab dadurch zustande kommt, dass die Abkömmlinge der Mutterzelle sich immer wieder annähernd gleichmässig geteilt haben, im Gegensatz zu der einseitigen Thätigkeit einer Initiale im Sinne Sanios.

Welcher Art ist nun die Mutterzelle eines Kurzstabes? Die Initiale selbst kann es nicht sein. Es bleibt also nur übrig, eine grössere Teilbarkeit einer Tochterzelle der Initiale anzunehmen, im speziellen Falle also bis zu 25 Teilungen. Angenommen, dem

[1] Der längere Stab ist allerdings an einer Stelle durchbrochen, was jedoch nicht verhindert, denselben als einen Stab anzusehen, da, wie ich später zeigen werde, diese Erscheinung sekundären Charakters ist. Vergl. Raatz.

ist so: Im angeführten Beispiel besteht der Jahresring aus 35 Zellen, von denen 25 Zellen aus einer nach dem Holze zu abgeschiedenen Tochterzelle entstanden sind. Die übrigen 10 Zellen müssen dann aus einer, später entstandenen Tochterzelle entstanden sein, da nicht einzusehen wäre, warum sich die Tochterzellen abweichend verhalten sollten. Dies heisst aber: Die Initiale hat im Laufe einer Vegetationsperiode nur zwei Tochterzellen nach dem Holze abgeschieden. Wäre dies nun der Fall, so müsste die nach der Holzseite zu gelegene Wand der Initiale unverhältnismässig lange im Kambium verweilen und zwar, entsprechend einer zweimaligen Teilung, ungefähr eine halbe Vegetationsperiode lang. Infolge ihres relativen Alters würde sie sich also durch besondere Dicke auszeichnen.[1] Da aber Verschiebungen durch Gleiten[2] a priori nur in geringem Masse angenommen werden können, so müssen sich alle übrigen Radialreihen ebenso verhalten. Ich würde also unter genannten Umständen überall im Kambium dicke Wände beobachten, die entsprechend dem Initialenkreise Sanios in fast genau demselben Abstande vom Zentrum des Holzkörpers sich finden. Derartige Erscheinungen sind nun zu keiner Zeit zu beobachten. Mithin wird bei Annahme, dass ein direkter Abkömmling einer „dauernden" Initiale die Mutterzelle der Stäbe sei, hinfällig. Ganz und gar nicht genügt aber die Sanio sche Theorie zu ihrer Erklärung.

b. Ein anderer Widerspruch mit Sanios Theorie ergab sich aus verschiedenen Beobachtungen an „Doppelreihen".

Wenn ein Stamm in die Dicke wächst, so muss die Umfangszunahme des Kambiumringes, die hiermit verbunden ist, durch Radialteilungen in entsprechendem Masse ausgeglichen werden. Diese Radialwände treten in einer Kambiumzelle auf und zwar nach Sanio in der Initiale. Sanio macht sogar umgekehrt die Schlussfolgerung, dass eine Kambiumzelle, die eine Radialwand enthält, die Initiale sein müsse. Setzen jetzt die beiden durch Radialteilung entstandenen Tochterzellen ihre kambiale Thätigkeit fort, d. h. scheiden nach beiden Seiten Holz- und Rindenelemente ab, so entsteht eine Doppelreihe. Diese Radialreihen resp. Wände treten nun verhältnismässig selten auf. Nägeli[3] sagt hierüber: „Wenn

[1] Vergl. p. 12.

[2] Vergl. p. 43.

[3] Dickenwachstum des Stengels etc. der Sapindaceen.

der Radius des Kambiumringes die Länge von 50 oder 100 oder 1000 Holzzellen hat, so müssen die radialen Reihen sich um 50 oder 100 oder 1000 Zellen verlängern, damit sie sich einmal verdoppeln.“ Dementsprechend lassen sich dieselben am besten an jüngeren Zweigen, von geringerem Durchmesser beobachten. Vorausgesetzt nun, dass diese Doppelreihen aus einer Mutterzelle entstanden sind, geben sie mir ebenso wie die Stäbe ein Kriterium für die Zusammengehörigkeit solcher Zellen. Die Voraussetzung, dass nur eine Kambiumzelle sich radial geteilt hat, kann ich an dünnen Zweigen (und auf sie beziehen sich alle später anzuführenden Fälle) ohne Bedenken annehmen. Jedenfalls habe ich nicht nur an ganz neu entstandenen Doppelreihen, welche sich fast nur aus Kambiumzellen zusammensetzten, demzufolge auch der Verlauf der einzelnen Wände besonders leicht zu verfolgen war, sondern auch an den sich schon im Holz oder der Rinde befindenden Teilen einer Doppelreihe, so weit dieselben für meine Betrachtung verwertet wurden, niemals beobachten können, dass eine oder mehrere Tangentialwände beide Reihen in gerader Linie durchliefen, wie es für mehrere Mutterzellen angenommen werden müsste.

Allerdings möchte ich noch bemerken, dass entsprechend den Kurzstäben auch Stücke von Doppelreihen im Holz resp. in der Rinde allein zu finden waren; erstere ausschliesslich an dicken Stämmen.

Von beiden Arten konnte ich jedoch keinen Gebrauch machen, da einerseits das Spitzenwachstum der Libriformzellen, andererseits sowohl die Unregelmässigkeit der Rindengewebe als auch deren andauernde Teilbarkeit leicht zu Irrtümern Anlass geben dürfte.

Infolge des letzteren Verhaltens der Rinde war es auch bei den typischen, durch das Kambium hindurchgehenden Doppelreihen besonders notwendig, auf etwaige Zusammengehörigkeit tangentialer Wände, wie oben schon erwähnt, zu achten.

Nach diesen Voraussetzungen will ich jetzt auf die speziellen Fälle näher eingehen.

Nehme ich an, dass eine Initiale im Sanioschen Sinne die Mutterzelle einer Doppelreihe gewesen ist, so ersehe ich aus der Anzahl der abgeschiedenen Holz- und Rindenzellen, in welcher Weise die Initiale thätig gewesen ist. Da nun alle Initialen nach Sanio einen Kreis bilden und ferner grössere Verschiebungen

in radialer Richtung ausgeschlossen sind, so giebt genannte Doppelreihe das Verhältnis des abgeschiedenen Holzes und der Rinde annähernd für den ganzen Stamm an. Vergleiche ich aber dieses Resultat mit meinen Beobachtungen, so zeigen sich ganz erhebliche Abweichungen. So fand ich z. B. bei Aesculus Hippocastanum (Fig. 2) folgenden Fall:

Eine Doppelreihe erstreckt sich 6 resp. 7 Zellen in das Holz und 1 Zelle in die Rinde hinein, wenn ich die Zellen i i als Initialen ansehe.[1] Zwei Reihen entfernt davon befindet sich noch eine Doppelreihe, die sich nur 3 Zellen in das Holz, in die Rinde aber ebenfalls nur eine Zelle weit erstreckt. Das Verhältnis von Holz zur Rinde ist also bei I gleich 7 : 1, bei II gleich 3 : 1. Es hätte also die Initiale der Reihe I mehr als doppelt soviel Holzzellen abgeschieden, als die nur wenige Radialreihen entfernte Reihe II. Hierbei ist aber noch zu bemerken, dass die dazwischen liegenden Zellreihen absolut keine Verschiebungen in der Richtung A A_1 zeigen, wie es der Fall sein müsste, wenn die beiden Punkte A und A_1 sich auf derselben Kreislinie befunden hätten. Ausserdem aber habe ich in etwas weiterer Entfernung von oben angeführtem Bilde eine Doppelreihe gefunden, bei der die „Initiale" nur 2 Holz und 1 Rindenzelle abgeschieden hatte, Holz zur Rinde sich also sogar wie $\frac{2}{1}$ verhielten. Es könnte nun vielleicht der Einwurf gemacht werden, dass in Fig. 2 in Reihe I nicht i, sondern die dem Holze zu gelegene nächste Kambiumzelle die Initiale wäre, wodurch dies Verhältnis ebenfalls $\frac{3}{1}$ betragen würde. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass dann der von Sanio angenommene Initialenkreis, eine für seine Theorie wichtige Vorbedingung, nicht mehr bestehen würde. Ein ähnliches Verhalten würde sich zeigen, wenn man die nächst äussere Zelle als Initiale ansähe, in dem hierbei die Zahlenverhältnisse trotzdem noch erheblich differieren würden. Ähnliche Doppelreihen fand ich auch an anderen Stämmen. Besonders günstig hierfür war Lonicera tatarica, deren Holz und Rinde sich durch besondere Regelmässigkeit auszeichneten. Ich untersuchte hiervon im Frühjahr, als das Kambium seine Thätigkeit begann, demzufolge auch die Lage der Initiale durch die neuen Wände bestimmt sein musste,

[1] Es befindet sich das Kambium, welches von einem 3jährigen Aste herstammt, in Winterruhe, ist daher auch nur 3—4schichtig. Diese Zahlen sind durch stellenweise vorliegende Bastgruppen mit Sicherheit zu ermitteln gewesen.

einen vorjährigen Stamm. Aus den direkt abgezählten Holz- und sekundären Rindenelementen ging hervor, dass Holz zur Rinde sich wie $\frac{1}{1}$ verhielten. Hingegen fand ich Doppelreihen, in denen dieses Verhältnis $\frac{1}{5}$ oder sogar $\frac{2}{1}$ war.[1] Diese Zahlen sprachen entschieden deutlich genug.

c. Schliesslich ist noch das Auftreten dicker Wände zu erwähnen, deren Ursprung durch die Saniosche Theorie eine ungenügende, zum Teil gar keine Erklärung findet. Namentlich an üppig wachsenden Bäumen finden sich ziemlich häufig in den verschiedensten Regionen des Kambiums tangentiale Wände, die sich durch ihre Dicke und durch die Abrundung der Ecken im Verhältnis zu den umliegenden Wänden als sehr alt kennzeichnet. Diese Wände hatte zuerst Sanio beobachtet; allerdings nur in geringer Zahl, weil er, wie er selbst hervorhebt, zur besseren Beurteilung der Teilungsvorgänge nur langsam wachsende Stämme untersuchte. Raatz fand dieselben bei Koniferen an günstigen Objekten in ziemlicher Menge. Auch bei den Dikotylen waren dieselben, wie gesagt, nicht selten.

Sanio selbst nimmt nun zur Erklärung dieser Wände, abweichend von der in seiner Theorie ausgesprochenen Regel, eine Doppelinitiale an. Indem nämlich eine Initiale nur Holz nach innen, und eine andere nur Rinde nach aussen abscheidet, bleibt eine Wand mitten im Kambium bestehen, die sich dann natürlich durch besondere Dicke infolge ihres Alters auszeichnen muss. Diese Erklärung mag, wie wir später sehen werden, für gewisse Fälle annähernd richtig sein, d. h. also in dem Falle, wo sich die Wand auf dem Initialenkreise befindet. Anders dagegen liegt der Fall, wenn die dicken Wände ausserhalb desselben in den verschiedensten Regionen des Kambiums vorkommen. Es ist natürlich klar, dass hierfür nicht dieselbe Erklärung anwendbar ist: vielmehr bleibt dies für die Saniosche Theorie eine offene Frage.

Hierzu möchte ich noch bemerken, dass die von mir bei der Besprechung des 25 zelligen Stabes genannten dicken Wände, wie sie sich aus der Annahme einer höheren Teilbarkeit der Tochterzellen der Initiale ergeben, keineswegs mit den von Sanio erwähnten Erscheinungen zu verwechseln sind. Das charakteristische für das Vorkommen jener wäre eben ihr gleichzeitiges Auftreten in allen Radialreihen, was jedoch niemals zu beobachten ist.

---

[1] Hypo- resp. Epinastie kommen hierbei nicht in Frage.

2.

Nachdem ich nun im Vorhergehenden gezeigt habe, dass die drei von mir genannten Punkte, nämlich: Stäbe, Doppelreihen und dicke Wände keine Erklärung durch Sanios, sowie überhaupt jeder, eine „dauernde" Initiale annehmenden Theorie finden, will ich jetzt die beobachteten Erscheinungen zusammenstellen und unter einem neuen Gesichtspunkte vereinigen.

Ein wichtiger Unterschied zwischen obengenannten Theorien und der von mir im Folgenden vertretenen Ansicht bildet der von Raatz zuerst genannte „Wendekreis".

Auf jeder Radialreihe muss es eine Zelle geben, die weder zum Holze noch zur Rinde übergeht, also ihren kambialen Charakter beibehält. Sie muss daher so gelegen sein, dass sie die ganze Radialreihe im Verhältnis der abgeschiedenen Holz- und Rindenelemente teilt. In dieser Zelle sehen wir den Begriff einer Initiale, verwirklicht, soweit derselbe sich auf die lokale Bevorzugung einer solchen Grenzzelle bezieht. Hierzu kommen noch speziell für diejenige im Sinne Sanios die Eigenschaften hinzu, dass sie diese Lage dauernd beibehält, ausserdem aber sich durch unbegrenzte Teilbarkeit von ihren Tochterzellen auszeichnet. Da nun aber alle Radialreihen sich in dieser Beziehung gleich verhalten, müssen diese Zellen im Kambium einen zusammenhängenden Ring bilden, den sogenannten Initialenkreis. In Wirklichkeit ist nun ein solcher etwa in dem Sinne, dass die dazugehörigen Tangentialwände die Peripherie eines Kreises bilden, niemals zu beobachten, indem die eine oder die andere Zelle mehr oder weniger hervorspringt. Sollen aber diese Zellen ihre Lage während ihrer Thätigkeit beibehalten, so müssten sie bei jeder Teilung an einander vorbeigleiten.[1] Das Gezwungene dieser Annahme wird aber durch den „Wendekreis" beseitigt, indem derselbe eine strengere Fassung des Initialenkreises darstellt. Seine Definition lautet: Der Wendekreis ist die Verbindungslinie aller der Punkte des Kambiums, welche weder zum Holze noch zur Rinde übergehen.

Es ist klar, dass derselbe jede Initiale, falls ich eine solche annehmen muss, schneidet, allerdings immer an verschiedenen Punkten. Umgekehrt kann man auch sagen, dass jede Zelle, welche

[1] Vergl. Raatz, Pringsh's. Jahrb., Bd. XXIII, p. 604.

auf dem Wendekreis liegt, für die Dauer dieser Lage, Initiale ist. Hiermit gebe ich aber gewissermassen die gesonderte Stellung einer Initiale auf, indem dieselbe jetzt von der Lage des Wendekreises abhängig ist. Es tritt dies besonders hervor, wenn ich, wie noch später zu zeigen ist, eine Bewegung des Wendekreises annehmen muss. Bedenke ich ausserdem, dass das Resultat der vorhergehenden Angaben die Voraussetzung einer qualitativ bevorzugten Zelle nicht zulässt, so liegt der Gedanke nahe, in dem Kambium ein Gewebe gleichartiger Zellen zu sehen. Von diesem Gesichtspunkte aus, will ich jetzt Stäbe, Doppelreihen etc. noch einmal durchgehen, um sowohl die Richtigkeit dieser Annahme nachzuweisen, als auch Näheres über die Vorgänge in diesem Gewebe mitzuteilen.

Was die Zahl der Kambiumzellen einer Radialreihe anbetrifft, so kann man sich leicht überzeugen, dass dieselbe von dem Alter des Zweiges, resp. Stammes abhängig ist. Mitten in der Vegetationsperiode findet man z. B. an jungen Zweigen ca. 4—8 Zellen, welche nach den in ihnen auftretenden, jungen Wänden zu schliessen, als Kambiumzellen anzusehen sind. An älteren Stämmen kann man das 2—4fache dieser Zahlen antreffen. Nach Sanio würde ein grosser Teil derselben allerdings zur sich differenzierenden, subkambialen Zone zu rechnen sein, in der keine Wände mehr auftreten, wozu jedoch, wie ich noch später beweisen werde, keine Veranlassung vorliegt.[1] Dass ferner die Art des Wachstums, ob üppig oder langsam, die Zahl der Kambiumzellen beeinflusst, ist leicht erklärlich. Da aber im Prinzip die Teilungsverhältnisse dieselben bleiben werden, so ist es ziemlich gleichgültig, an welchem Beispiele ich die einzelnen Fälle erläutere.

a. Bei der Besprechung der Stabbildungen war mir, wie ich schon früher erwähnte, besonders ein einjähriger Sambucuszweig von Nutzen gewesen. Er möge auch als Ausgangspunkt für das Folgende dienen. Da dieser Zweig sich jedoch in der Winterruhe befand, die Zahl der Kambiumzellen demnach auch nur einen Bruchteil des thätigen Kambiums ausmacht, so habe ich einen ähnlichen Zweig während der Vegetationsperiode untersucht und die Zahl der Zellen auf ca. sechs festgestellt.

Ich nehme nun an, dass diese sechs Zellen gleichartig, d. h. gleichteilbar sind. Da ferner das Verhältnis der abgeschiedenen

[1] Vergl. p. 22.

Rindenzellen zu den Holzelementen 1 : 3 ist, so muss der Wendekreis dementsprechend mehr nach der Rinde zu liegen.

Für die Stabbildung ist nun jede Kambiumzelle als gleich geeignet anzusehen, indessen wird die Art und Länge der Stäbe von der Lage der Mutterzelle abhängen. Liegt dieselbe auf dem Wendekreise, so muss diese Zelle als Initiale wirken; der Stab wird also als typischer Langstab sich gleichzeitig im Holz und in der Rinde finden. Umgekehrt dagegen wird ein Stab nur im Holz oder nur in der Rinde[1] vorkommen, sobald die Mutterzelle innerhalb oder ausserhalb des Wendekreises liegt. Aber auch hier wird die Entfernung vom Wendekreise eine bedeutende Rolle für die Länge des Stabes spielen. Je näher dem Rande des Kambiums, um so kürzer wird der Stab werden, da dort die Mutterzelle vielleicht schon nach ein oder zwei Teilungen zum Holze übergehen wird. Befindet sich jedoch die Mutterzelle in der Nähe des Wendekreises, so wird sie sich noch häufiger teilen, ebenso wie ihre Tochterzellen; der Stab wird also hier eine bedeutendere Länge erreichen. Das Extrem eines Kurzstabes, gewissermassen der Übergang zum Langstab, ist nun der Fall, dass eine Wand der Mutterzelle direkt auf dem Wendekreise liegt. Der Stab wird in diesem Falle sich in der Rinde oder nur im Holz finden (bis zum Wendekreise), dabei aber eine bedeutende Länge erreichen, ja sich durch mehrere Jahresringe erstrecken können, wie dies Raatz beobachtet hat.[2]

Bisher hatte ich der Übersichtlichkeit wegen angenommen, dass der Wendekreis im Verlaufe der Teilungen seine Lage nicht verändert. Es bleibt nun noch der entgegengesetzte Fall übrig.

Die Lage des Wendekreises ist, wie ich in der Definition bereits sagte, abhängig von dem Verhältnis der entwickelten Holz- und Rindenelemente. Von vornherein ist nun höchst wahrscheinlich, dass dasselbe zum mindesten Schwankungen unterworfen ist. Wie ich später noch ausführen werde, muss ich mit Raatz direkt annehmen, dass diese Schwankungen sich im Laufe einer jeden Vegetationsperiode in gleichem Sinne vollziehen und zwar derart, dass die Zahl der Holzelemente relativ grösser wird. Der Wendekreis wird dementsprechend eine Bewegung nach aussen ausführen. Hier-

[1] Von diesem Falle habe ich der Schwierigkeit der Beobachtung wegen ganz abgesehen.

[2] Alle diese Beobachtungen lassen sich leicht in Fig. 3 verfolgen. Vergl. p. 16.

bei können nun die verschiedensten Erscheinungen auftreten. Liegt z. B. eine Stabmutterzelle auf dem Wendekreise, und scheidet dieselbe, entsprechend einer Initiale, nach beiden Seiten Tochterzellen ab, so kann der Fall eintreten, dass der während dieser Zeit nach aussen rückende Wendekreis regelmässig die nach der Rinde zu gelegene Tochterzelle der Initiale trifft, diese also zur Initiale macht. Es würden also hierdurch von der ehemaligen Mutterzelle nur nach dem Holze zu Elemente abgeschieden worden sein. Rückt nun aber der Wendekreis noch schneller nach aussen, als eben angenommen, so kann derselbe die nach aussen abgeschiedene Tochterzelle ganz „überholen" und auf eine andere Kambiumzelle überspringen, wodurch jetzt der Stab auf der Innenseite des Wendekreises liegt, also zum Holz übergehen muss. In den meisten Fällen wird derselbe auf diese Weise eine bedeutende Länge erreichen. Andere Erscheinungen dieser Art werde ich bei der Besprechung der dicken Wände noch zu erörtern haben.

Vergleichen wir nun diese theoretisch gefundenen Möglichkeiten der Stabformen mit den wirklichen Befunden, so zeigt sich die Richtigkeit unserer Annahme ganz evident.

b. Unter demselben Gesichtspunkte will ich jetzt die schon vorher beschriebenen Doppelreihen betrachten.

Wir hatten gesehen, dass die Doppelreihen die Zusammengehörigkeit bestimmter Zellen in derselben Weise wie die Stäbe angeben. Da nun alle von mir berücksichtigten Doppelreihen sich von der Rinde bis in das Holz hinein erstrecken, so ist klar, dass die Mutterzelle derselben nach Art einer Initiale sich auf dem Wendekreise befunden haben muss. In Fig. 3 habe ich einen Teil eines ca. fünfschichtigen Kambiums dargestellt. Der Wendekreis ist unter der Voraussetzung, dass sich Rinde zu Holz wie 1 : 3 verhält, konstruiert worden. Gleichzeitig habe ich denselben vorläufig als feststehend gedacht und die interkalaren Teilungen (bis zur fünften Teilung) nachträglich eingezeichnet, wodurch allerdings die jüngsten Zellen sehr klein erscheinen, die Figur indessen übersichtlicher wird. Wie gesagt, kommen nun nur die auf dem Wendekreise liegenden Zellen für unsern Fall in Betracht. Hat sich z. B. die Zelle (1—1 a) radial geteilt, so erhalte ich aus der entstehenden Doppelreihe das Verhältnis von Rinde zu Holz gleich 1 : 10. Nehme ich die Tochterzelle dieser als Mutterzelle an (1—2 a),

so ist dasselbe Verhältnis nur noch 1 : 6. Vergleiche ich diese Zahlen mit dem wahren, in der Voraussetzung gegebenen Verhältnis 1 : 3, so zeigt sich, dass in beiden Fällen eine zu grosse Zahl von Holzzellen angegeben wird. Aber auch nach der anderen Seite hin können diese Verhältnisse von den gegebenen Zahlen abweichen. Es würde z. B., wenn ich Zelle (4 a—1)[1] als Mutterzelle einer Doppelreihe annehme, das Verhältnis ca. 4 : 1 betragen (allerdings erst nach mehreren Teilungen). Derartige Reihen liessen sich noch viele verfolgen. Als Extrem schliesslich würden sich für beide Fälle theoretisch die Zahlenverhältnisse 1 : ∞ und ∞ : 1 ergeben. In der Praxis würden dieselben sich darin zeigen, dass eine Doppelreihe nur vom Holz oder nur von der Rinde bis zum Wendekreise reicht. Als Grund käme hierbei, ähnlich wie bei den schon besprochenen Stäben, der Umstand in Betracht, dass eine Wand sich direkt auf dem Wendekreis befindet, während die eine der dazu gehörigen Zellen als Mutterzelle fungiert.

Nach Allem ersehe ich also, dass die Doppelreihe in ihrer Form von der Lage des Wendekreises auf der Mutterzelle abhängig ist. Da nun aber zwei neben einander liegende Radialreihen sich nicht gleich verhalten, also auch zwei auf dem Wendekreis liegende Zellen von letzterem nicht in derselben Weise geteilt werden, so können zwei Doppelreihen neben einander liegen und trotzdem scheinbar ganz andere Verhältnisse von abgeschiedenen Holz- und Rindenelementen angeben (vergl. Fig. 2). Also auch diese Erscheinungen finden durch obige Theorie eine genügende Erklärung.[2]

In ähnlicher Weise würden sich auch die Langstäbe verhalten. Ich kann jedoch auf dieselben nicht näher eingehen, da infolge der Schwierigkeit, das Ende eines solchen Stabes in der Rinde zu bestimmen, nicht zuverlässiges Material vorliegt.

c. Ich komme jetzt zu der Besprechung der dicken Wände. Betreffs des Vorkommens derselben hatte ich gefunden, dass sie an älteren Stämmen, wo das Kambium bei üppigem Wachstum eine beträchtliche Schicht bildet, ziemlich häufig zu beobachten sind. Wie sind dieselben nun entstanden? Auch hierzu muss ich auf den Wendekreis zurückgehen. Nehme ich vorerst wiederum den Fall an, dass derselbe relativ feststeht, so würde nach der

---

[1] 4 a ist die dem Wendekreis am nächsten gelegene der mit 4 bezeichneten Wände.

[2] Eine Bewegung des Wendekreises ändert dem Prinzip nach nichts an dieser Erscheinung. Ich werde hierauf im nächsten Abschnitte noch einmal zurückkommen.

Definition des Wendekreises eine jede Wand sich um das Doppelte von demselben entfernen, sobald alle zwischen ihr und dem Wendekreise liegenden Zellen sich einmal geteilt haben. Es würde also z. B. eine Wand, deren Entfernung vom Wendekreis $\frac{1}{4}$ der radialen Ausdehnung einer Kambiumzelle beträgt, bei den entsprechenden Teilungen $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4 etc. Einheiten entfernt sein. Aus diesen Zahlen geht hervor, dass, je näher eine Wand dem Wendekreise zu liegt, um so langsamer sich dieselbe von ihm entfernen wird.[1]

Diese Fälle lassen sich in Fig. 3 leicht verfolgen. Die nach dem Holze zu gelegene Wand 2a der sich auf dem Wendekreis befindenden Zelle (2a—1) hatte einen Abstand von ca. $\frac{3}{4}$ Einheiten vom Wendekreis. Durch interkalare Teilung hat sich letztere Zelle in acht Tochterelemente geteilt,[2] so dass jetzt der Abstand der Wand 2a ca. sechs Einheiten beträgt. Gleichzeitig hatten sich aber auch die beiden Nachbarzellen derselben Radialreihe vier-[3] resp. fünfmal geteilt. Die Folge hievon ist, dass Wand 2 jetzt aussen sowohl wie innen von neu aufgetretenen Wänden umgeben ist. Da sie sich aber noch im Kambium befindet, wird sie von diesen Wänden durch grössere Dicke sowie Abrundung der Ecken ausgezeichnet sein. Noch günstiger zeigt diese Erscheinung die nach aussen gelegene Wand 1 derselben Zelle, indem sie nicht nur auf beiden Seiten von Wänden der fünften Teilung umgeben ist, sondern auch sich durch noch grösseres Alter auszeichnet. Als Extrem kann wiederum der Fall angesehen werden, wo eine Wand direkt auf dem Wendekreis liegt. Der Theorie nach würde solche Wand, so lange das Dickenwachstum andauert, immer an derselben Stelle bleiben, demzufolge eine bedeutende Dicke erreichen. In der That sind nun auch solche Wände häufiger zu finden; indessen haben sie bisweilen den Charakter einer Wand fast vollständig verloren. Raatz,[4] der letztere Wände näher verfolgt hat, sagt hierüber: „Die beiden Lamellen solch einer tangentialen Wand verlieren allmählich mit zunehmendem Alter den innigen Kontakt, dessen Vorhandensein man bei jüngeren Wänden beobachtet. Der hydrostatische Druck, unter welchem das Kambium wächst, muss infolge-

---

[1] Vergl. Raatz, l. c.

[2] Durch die Teilungen 3, 4, 5.

[3] Die fortschreitende Differenzierung hinderte eine weitere Teilung.

[4] Vergl. Pringsh's. Jahrb., Bd. XXIII, p. 626.

dessen an dieser Stelle eine stärkere, polygonale Abplattung der Zellen gegen einander und damit ein Schmalerwerden der tangentialen Wand bewirken. Gleichzeitig bleiben die von der dicken Wand getrennten Zellen allmählich im Wachstum gegenüber den Zellen der Nachbarreihe, wie man an dem verminderten Querschnitt und an der geringen Länge sehen kann, zurück. Man hat sich wohl vorzustellen, dass die dicken Wände den Austausch der xylem- und phloemwärts kommenden Nährstoffe grösseren Widerstand entgegensetzt als die dünnen Wände der Nachbarreihe und die ersten dadurch benachteiligt." Als Endresultat kann sogar der Fall eintreten, dass eine Radialreihe ganz aus dem Kambium verschwindet. Diese Erscheinungen wurden früher ausschliesslich durch das nachträgliche Spitzenwachstum der Libriform und Bastelemente erklärt. Dass aber auch eben genannter Fall häufig eintritt, kann man daran erkennen, dass bei verschiedener Einstellung resp. bei Serienschnitten die beiden Teilstücke der Radialreihe sich nicht vereinigen, wie es im entgegengesetzten Falle eintreten müsste.[1]

Aber auch Übergänge von dem Auftreten einer dicken Wand bis zum gänzlichen Verschwinden einer Radialreihe lassen sich beobachten. Dieselben stellen sich so dar, dass eine Radialreihe auf eine grössere oder kürzere Strecke unterbrochen ist, ohne dass es zu einem gänzlichen Verschwinden der Reihe kommt.

Alle diese extremen Erscheinungen, die sich zur Beobachtung ganz besonders günstig zeigen, müssten nun nach der bisherigen Annahme nur auf dem Wendekreise vorkommen. In Wahrheit lassen sich aber dieselben in allen Teilen des Kambium beobachten und hierin ist mir die Notwendigkeit für die Voraussetzung eines beweglichen Wendekreises gegeben.

Demnach würde eine solche teilweise Unterbrechung einer Radialreihe oder eine extrem dicke Wand, die sich innerhalb des Wendekreises befindet, derart zustande gekommen sein, dass die ursprüngliche Wand längere Zeit auf dem Wendekreis verweilte, dann aber von demselben „überholt" wurde.

Nun könnte der Einwurf gemacht werden, dass, wenn der Wendekreis als beweglich angenommen würde, es niemals zur Bildung einer solchen dicken Wand kommen könnte, da dieselbe ein längeres Verweilen auf dem Wendekreise voraussetzt. · Dieser Auf-

---

[1] Vergl. Raatz, Pringshs. Jahrb., Bd. XXIII, p. 627.

fassung tritt jedoch folgende Betrachtung entgegen: Der Definition des Wendekreises entsprechend entfernt sich jede Wand nach einmaliger, durchgehender Teilung aller Kambiumzellen um das Doppelte von demselben. Bewegt sich nun der Wendekreis in einer dieser Richtungen, angenommen nach aussen, und zwar in demselben Masse als die genannte Zellwand sich von ihm ebenfalls nach aussen entfernt, so wird letztere ihre Lage in Bezug auf den Wendekreis nicht ändern. Die Folge hiervon wird sein, dass die Wand sich bald durch besondere Stärke von den übrigen auszeichnen wird, schliesslich sogar die schon vorher genannten extremen Erscheinungen hervorrufen kann. Bewegt sich andererseits aber der Wendekreis um nur ein wenig schneller, so wird er der vor ihm „fliehenden" Wand immer näher rücken, schliesslich dieselbe ganz „überholen", wodurch sie dann zum Holze übergehen wird.

Auch bei dieser Annahme werden dieselben Erscheinungen wie vorher eintreten können.

Was endlich die Richtung der Bewegung des Wendekreises anbetrifft, so giebt mir die Beobachtung, dass die genannten aussergewöhnlich dicken Wände fast ausschliesslich innerhalb des Wendekreises liegen, die grösste Wahrscheinlichkeit für die Annahme einer solchen nach aussen. Im übrigen ist mir dieselbe auch in dem Dickenwachstum des Stammes selbst gegeben, indem mit zunehmendem Alter das Verhältnis von Rinde zu Holz sich zu Gunsten des letzteren ändert. So beträgt dasselbe z. B. an jungen Zweigen häufig $\frac{1}{1}$, an alten Stämmen desselben Individuums dagegen $\frac{1}{10}$ oder noch weniger. Dies schliesst jedoch keineswegs eine besondere Bewegung im Laufe der Vegetationsperiode aus. Nach den bisherigen Beobachtungen müssen wir sogar annehmen, dass sich dieselbe derart vollzieht, dass der Wendekreis in der Zeit des üppigsten Wachstums nach aussen rückt, am Schlusse der Vegetationsperiode dagegen wieder zurückkehrt.

Fasse ich alle Beobachtungen noch einmal zusammen, so zeigt sich auch hier, dass alle hierhergehörigen Erscheinungen durch unsere Theorie eine ungezwungene Erklärung finden.

d. Zum Schlusse endlich möchte ich noch die Beobachtungen mitteilen, die ich direkt an Teilungsvorgängen abgelesen habe. Obwohl hierauf, wie schon im Anfange gesagt, weniger Gewicht gelegt worden ist, wird es doch nicht uninteressant sein, zu verfolgen.

wie sich diese Beobachtungen zu der von mir vertretenen Theorie verhalten.

Der Beginn der Vegetationsperiode ist, auch wenn ich von den individuellen Eigenschaften einer Spezies absehe, an keine genauere Zeitgrenze gebunden.[1] Dieselbe hängt vielmehr von dem Standort, oder genauer gesagt, von der jeweiligen Temperatur ab. So können z. B. im Kambium jüngerer Zweige, sobald dieselben längere Zeit von der Sonne getroffen werden, schon Teilungen vorkommen, obwohl die Gesamttemperatur nur wenige Grade über 0 beträgt. Derartige Fälle waren z. B. bei Symphoricarpus schon am 14. Februar dieses Jahres (1896) zu beobachten. Sobald indessen die Temperatur sank, wurden die Teilungen sistiert, ohne dass es zu Differenzierungen gekommen wäre. Diese Übergangszeit dauerte von Ende März bis April, wann sich das Kambium der meisten Bäume regelmässig zu teilen anfing.

Meine ersten Beobachtungen bezogen sich auf junge Zweige von Sambucus, deren Kambium ich von Woche zu Woche verfolgte. Die ersten Teilungen fanden in den beiden innersten Zellen des 2—4 schichtigen Winterkambiums statt. Gleich darauf begann die Umbildung der innersten Zelle zum Gefäss. Diese überaus schnell eintretende Differenzierung ist nun insofern von Bedeutung, als mir durch dieselbe ein auf dem Querschnitt leicht zu beobachtendes Kriterium für die annähernden Grenzen des undifferenzierten Kambiums geboten wird: ein Punkt, auf den ich noch zurückkommen werde. Leider musste ich die weitere Beobachtung an jüngeren Zweigen jedoch aufgeben, da schon in der dritten Woche genauere Wandunterschiede nicht mehr vorhanden waren; diese aber nur mit einiger Kombination Annäherungen an die Mischkesche Regel zeigten. Da es mir auch nicht möglich war, diese Beobachtungsmethode auf ältere, üppig wachsende Bäume auszudehnen, so stehen mir nur Stadien zur Verfügung, die mitten aus der Vegetationsperiode eines solchen Stammes herrühren. Indessen bieten dieselben immerhin noch Bemerkenswertes genug. Ehe ich jedoch auf die nähere Betrachtung eingehe, möchte ich zum näheren Verständnis des Folgenden noch einige Bemerkungen über den Begriff des Kambium einfügen.

[1] Beziehungen zwischen dem Beginn der Kambiumthätigkeit und der Knospenentwicklung waren im allgemeinen nicht zu beobachten.

Nach der Sanioschen Theorie bildeten den Verdickungsring im engsten Sinne des Wortes die Initialen. Da jedoch die einzelnen Übergänge nicht deutlich hervortraten, so fand man es am zweckmässigsten, alle Zellen einer Radialreihe, welche sich noch tangential teilten, zum Verdickungsringe zu zählen. Anders gestaltet sich das Verhältnis unter den jetzigen Umständen, da ich eine mehr oder weniger grosse Anzahl gleichartiger Zellen annehme. Diese Eigenschaft der Zellen, die sich aus den früheren Beobachtungen ergeben hat, kann sich natürlich nur auf die Teilbarkeit beziehen, besagt jedoch nichts über die etwa nebenhergehende Ausbildung derselben. In der That nun lassen die von mir an üppig wachsenen Stämmen gemachten Beobachtungen (vergl. Fig. 4) keinen Zweifel mehr übrig, dass alle teilungsfähigen Zellen etwa gleichwertig sind. Vergleiche ich z. B. obengenannte Figur, so sehe ich, dass ca. 20—30 Zellen ganz junge, eben erst entstandene Wände führen. Gleichzeitig ist jedoch noch zu beobachten, dass die neu entstehenden Gefässe, die, wie ich schon vorher erwähnte, einen Überblick über das Fortschreiten der Differenzierung bieten, keineswegs die teilungsfähige Zone abschliessen, vielmehr innen und aussen von sich teilenden Zellen umgeben sind (vergl. Fig. 5). Ein Längsschnitt in radialer Richtung bestätigte die Beobachtung ebenfalls.[1] Nach Allem ist also klar, dass das ganze teilungsfähige Gewebe gewissermassen in zwei resp. drei[2] Zonen zerfällt, von denen die eine aus typischen, undifferenzierten Kambiumzellen besteht, dem eigentlichen Kambium, welches in unserem Beispiel ca. 10—12 Zellen umfasst, während die andere auf der Holzseite gelegene Zone teilungsfähige, jedoch schon sich differenzierende Zellen zeigt. Diese Gewebeschicht würde zum Teil der von Sanio und Krabbe genannten subkambialen Zone entsprechen. Da indessen eine scharfe Grenze zwischen beiden Zonen nicht vorhanden ist, vielmehr eine in die andere übergeht, ferner auch die Herleitung des neuen Teilungsgesetzes sich auf alle teilungsfähigen Zellen bezieht, so ist es ratsamer, beide Zonen unter dem Begriffe des Kambiums im weiteren Sinne zu vereinigen. Hinzufügen möchte ich nur noch, dass obige Erörterung insofern besonderes Interesse beansprucht,

[1] Vergl. p. 33.

[2] Auf der Rindenseite geht die Differenzierung so schnell vor sich, d. h. innerhalb nur weniger Zellen, dass man nicht gut von einer „Zone“ sprechen kann.

als sie mit verschiedenen Angaben Krabbes, welche die Sanio-sche Theorie zur Grundlage haben, im Widerspruch steht. Ich werde hierauf noch zurückzukommen haben.

Kehre ich jetzt zu Fig. 4 zurück, so reicht nach den jüngsten Wänden zu urteilen das Kambium auf der Holzseite bis ca. Zelle 1—4 (Reihe I). Auf der Rindenseite dagegen nehme ich als Grenzzellen 27 resp. 28 an und zwar mit folgender Begründung: Die Entwicklung der Siebröhren geht, wie schon gesagt, relativ schnell vor sich, so dass Übergangsstadien kaum zu beobachten sind. Da nun in der sekundären Rinde (speziell für unser Beispiel) dieselben regelmässig mit 1—2 parenchymatischen Zellen abwechseln, die ungefähr Grösse und Gestalt (auf dem Querschnitt) der Kambiumzellen haben, so muss ich unter der Voraussetzung, dass 29 und 30 derartige Elemente sind resp. werden, annehmen, dass die Grenze des Kambiums von den Zellen 27 resp. 28 gebildet wird.

In dem gewählten Beispiele habe ich den äusserst günstigen Fall, dass verschiedene Doppelreihbildungen mit zur Beurteilung des Alters der Wände herangezogen werden können. Nachdem bisher über dieselben Gesagten mag es zuerst befremden, dass hier verschiedene, unabhängig von einander aufgetretene Radialwände auf einer Reihe vorkommen, deren Auftreten ich damals nicht berücksichtigte. Hiergegen ist Folgendes zu erwidern. Nehme ich an, dass der Wendekreis eines dünnen Zweiges mit nur kleinem Krümmungsradius infolge der Kambiumthätigkeit nach aussen rückt, so wird die Umfangszunahme eine Radialreihe veranlassen, sich zu verdoppeln. An genanntem Objekt geschieht dies, wie ich bereits gezeigt habe, durch Radialteilung der auf dem Wendekreis liegenden Zelle. Nehme ich dagegen einen 10—50 mal so dicken Stamm an, und wird infolge der Umfangzunahme eine Verdoppelung einer Radialreihe notwendig, so wird entsprechend dem grösseren Krümmungsradius nicht nur die auf dem Wendekreis allein befindliche Kambiumzelle, sondern auch noch die nächsten nach aussen und innen zu gelegenen Zellen, im ganzen 10—50 Zellen, in annähernd gleicher Weise beeinflusst werden. D. h. während im ersteren Falle eine Kambiumzelle sich radial teilte, werden im letzteren 10—50 Zellen oder wenigstens ein Teil derselben, so weit sie überhaupt noch teilbar sind, sich neben einander durch radiale Wände teilen können.

Vor allem in die Augen springend ist nun, wie ich schon vorher erwähnte, dass junge Tangentialwände fast in allen Regionen des Kambiums vorkommen: denn die Wände $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{7}{8}$ etc. der Reihe I müssen erst ganz kürzlich entstanden sein.

Die Zellen 17. 18, 19, 20 der Reihe II haben sich offenbar noch nicht geteilt. Nun kann ich in Reihe I unzweifelhaft verschiedene Gruppen aufstellen, die aus je einer Zelle entstanden sind. Die Anzahl derselben will ich jedoch nicht fest angeben, da verschiedene derselben, je nach der Auffassung, als solche hingestellt werden können oder nicht. Nach meiner Ansicht wären dies ca. 7, nämlich: (1—10): (11—14); (15—18):) (19—22); (23—24); (25—26): (27—28). Diese sieben ehemaligen Kambiumzellen hätten sich also annähernd gleichzeitig geteilt, deren Tochterzellen wiederum und so weiter.

Natürlich ist hiermit nicht gesagt, dass diese Zellen damals die einzigen Kambiumzellen gewesen sind. Vielmehr stellen dieselben nur einen in der Nähe des Wendekreises befindlichen Teil des damals schon vielschichtigen Kambiums dar, da schon ein grosser Teil sich zu Holz und Rindenzellen differenziert hat. Hieraus geht aber unzweifelhaft hervor, dass das gegebene Beispiel ebenfalls eine vollkommene Bestätigung unserer Theorie ist.

Habe ich bisher nur das Auftreten der jungen Wände in den verschiedenen Regionen des Kambium konstatiert, so möchte ich jetzt mit wenigen Worten auf die Reihenfolge, in welcher die Teilungen in den Zellen auftreten, eingehen. In gewisser Beziehung ist es auffallend, dass z. B. in Reihe II verschiedene Zellen, die ich vorhin genannt habe, sich noch nicht geteilt haben, während dies bei den entsprechenden Zellen der Reihe I schon der Fall ist. Diese und ähnliche Fälle lassen sich fast in jeder Radialreihe finden; hierher mögen auch die Zellen 11—14 der Reihe I gehören. Dieselben finden indessen eine ungezwungene Erklärung, wenn ich, analog den Beobachtungen von Raatz voraussetze, dass die Teilungen im Kambium in centrifugaler Reihenfolge stattfinden, d. h. dass die innerste Kambiumzelle sich zuerst teilt, dann die nächst äussere und so fort. Beginnt nun eine solche Teilungsphase, ehe die Teilungen der vorhergehenden beendet sind, so tritt der im Beispiel Reihe I gezeigte Fall ein. Die Wände $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$; etc. gehören der neuen, $\frac{15}{16}$, $\frac{17}{18}$, $\frac{19}{20}$, etc. der alten Teilungsphase an, während

in der Mitte noch keine neuen Wände aufgetreten sind. Reihe II befindet sich noch mitten in solcher Phase.

Diese Annahme einer bestimmten Reihenfolge der Teilungen ist um so wahrscheinlicher, als bei gleichzeitigen Teilungen aller Zellen das Kambium bald doppelt soviel, bald halb soviel junge Wände zeigen würde, was man jedoch nie beobachten kann. Im übrigen wäre hiermit auch eine so plötzliche Streckung in radialer Richtung verbunden, dass die Annahme eines solchen Wachstums unmöglich wird.

Was endlich die Teilbarkeit der Kambiumzellen, unter sich verglichen, anbelangt, so lässt sich hierüber aus Fig. 4 Verschiedenes ablesen.

Bisher hatte sich ergeben, dass alle Kambiumzellen annähernd gleich teilungsfähig sind. Dass dies jedoch nur annähernd der Fall ist, zeigt uns ein Blick auf ebengenannte Figur. Aus den schon angeführten Gründen steht ziemlich fest, dass das Kambium von Zelle 1—28 reicht. Während nun junge Wände in der Mitte des Kambiums und auf der Holzseite häufig sind, werden dieselben auf der Rindenseite immer spärlicher, demzufolge auch dort relativ dickere Wände zu beobachten sind. Es ist daher anzunehmen, dass daselbst die Teilbarkeit der Zellen ziemlich schnell nachlässt, während sie auf der Holzseite bedeutend länger anhält. Es zeigt sich dies auch in der Anzahl der Zellen, welche die einzelnen, vorhin angeführten Gruppen ausmachen. Wollte ich nun den Wendekreis konstruieren, dessen Lage ich, da mir das Verhältnis von Rinde und Holzelementen nur annähernd gegeben ist (ca. $\frac{1}{8}$), auch nur ungefähr angeben kann, so tritt der Fall ein, dass derselbe nur den äusseren Teil des Kambium trifft, der nur noch wenig teilungsfähig ist. Bei einem Vergleich mit der Initialen-Theorie, würde sich also zeigen, dass die Initiale keineswegs immer dort zu suchen sei, wo die meisten jungen Wände vorhanden sind.[1]

Fasse ich endlich das gesamte Ergebnis der früheren Ausführungen zusammen, so erhalte ich folgendes Resultat: Das Kambium der Dikotylen besteht aus einer Schicht teilungsfähiger Zellen. Es giebt in derselben keine Zelle, welche sich, sei es durch grössere resp. geringere Teilungsfähig-

[1] Vergl. Raatz, l. c.

keit, sei es durch dauernde, lokale Bevorzugung vor den übrigen Zellen auszeichnet.

Stelle ich diesem Ergebnis die Theorien Sanios und Hartigs gegenüber, so kann man bemerken, dass, so grundverschieden dieselben von der unsrigen erscheinen, dennoch gewisse Vergleichspunkte vorhanden sind. Ein Vergleich mit Raatz zeigt dagegen, dass die Dikotylen und Koniferen sich gleich verhalten.

II. Das Markstrahlmeristem.

Im Vorhergehenden ist gezeigt worden, dass das Kambium in seinen Teilungen sich wesentlich anders verhält, als man bisher angenommen hatte. Verhält sich das Markstrahlmeristem ebenso? Bei allen Kambiumuntersuchungen war dasselbe bisher vernachlässigt worden; über die Koniferen liegen überhaupt keine, über die Dikotylen nur die Beobachtungen Krabbes[1] vor. Derselbe fasste seine Resultate in folgenden Worten zusammen: „Im Markstrahlmeristem geht die eine der Tochterzellen direkt, ohne sich zu teilen, je nach der Lage zu ihrer als Initiale funktionierenden Schwesterzelle entweder zu dem im Xylem oder zu dem im Phloem verlaufenden Teil des Markstrahls über.“ Dies Resultat war gewonnen worden unter der Voraussetzung, dass das Kambium sich nach der Sanioschen Regel teile. Höchst wahrscheinlich ist nun, dass unter anderen Voraussetzungen auch andere Resultate erzielt werden. Ich will daher zuerst eine theoretische Betrachtung über die gegenseitige Abhängigkeit beider Gewebe in ihren Teilungsformen anstellen.

In Fig. 6A sind zwei Radialreihen im Verlaufe ihrer Teilungen dargestellt und zwar a als Markstrahlmeristem und Reihe b als Kambium. Der Übersicht wegen habe ich die Grösse der einzelnen Zellen in beiden Reihen gleich angenommen, ein Fall, der namentlich an jungen Zweigen nicht selten ist.[2] Im übrigen lassen sich von diesem Beispiel Schlüsse auf die Vorgänge bei Annahme längerer Markstrahlzellen leichter und sicherer ziehen, als in umgekehrter Weise. Bei der Beobachtung der folgenden Teilungsstadien kommt es nun darauf an, das Verhalten zweier Wände,

[1] Über das Wachstum des Verdickungsringes etc.

[2] Die Zahlenangaben in der Fig. 6 würden überhaupt einem einjährigen Sambucuszweige entsprechen.

die auf derselben Kreisperipherie liegen (α und α_1) zu verfolgen und zwar unter der Voraussetzung, dass der Markstrahl durch Teilung der Initiale i wüchse, während die anstossende Kambiumreihe sich, unseren Befunden entsprechend, durch gleichwertige Teilung aller fünf Kambiumzellen vermehrt. Ziemlich gleichgültig ist hierbei, ob ich in der Reihe a eine nochmalige Teilung der Tochterzelle (Sanio) annehme oder nicht (Krabbe).

Betrachte ich nun das folgende in Fig. 6 B dargestellte Stadium, welches doppelt so viel Zellen zeigt, so fällt sofort auf, dass die beiden ursprünglich neben einander liegenden Wände α und α_1 sich jetzt von einander entfernt haben und zwar um drei Zelllängen. Diese Differenz hat ihre Ursache darin, dass in Reihe b die innerhalb α_1 gelegenen Zellen sich noch einmal geteilt haben, während in Reihe a jene Zellen ohne Teilung zum Xylem übergehen. Die Differenz von drei Zelllagen wird nun bei weiteren Stadien sogar eine sehr bedeutende werden, da die Wand α_1 noch mitten im teilungsfähigen Kambium liegt, also auch ein Teil der innerhalb liegenden Zellen noch verschiedene Teilungen eingehen wird, während α zum Holz übergeht.[1] An dieser Betrachtung wird nun nichts geändert, wenn die Zellen der Reihe a zwei-, drei- etc. mal so lang sind als in der Figur gezeichnet. In jenen Fällen würde nur die Initiale dementsprechend weniger Teilungen eingehen, während der absolute Abstand der Wände α und α_1 derselbe bleiben würde wie in unserem Beispiel.

Kann nun dieser theoretisch dargestellte Fall in der Natur wirklich vorkommen? Eine Erklärung hierfür wäre nur die Annahme eines Gleitens der Reihe a auf den Zellen der Reihe b. Ein Gleiten in so hohem Masse ist nun schon von vornherein unmöglich.[2] Nach meinen eigenen Untersuchungen[3] kommt dasselbe an diesen Stellen überhaupt nicht vor. Da nun aber ein Auseinanderweichen der Wände α und α_1 um so geringer wird, je mehr sich die Teilungsform der Reihe a der der Reihe b nähert, so kann ich aus obigem Beispiel folgern, dass das Markstrahlmeristem sich ebenso wie das umgebende Kambium verhalten muss.

[1] Die sich differenzierenden Zellen sind schraffiert gezeichnet. Rinde zu Holz verhält sich wie 1 : 3, daher auch die Lage der Initiale i fixiert ist.

[2] Vergl. Krabbe: Gleitendes Wachstum, p. 24.

[3] Vergl. p. 37.

Nach dieser theoretischen Betrachtung möchte ich jetzt die aus derselben gewonnene Schlussfolgerung durch positive Angaben bestätigen. Zu diesem Zwecke werde ich die im ersten Teile benutzten Kriterien der Reihe nach kurz durchgehen.

Dass Stäbe auch im Markstrahlgewebe vorkommen, bestätigte mir ein radialer Längsschnitt, auf dem ich ein Stück eines Langstabes beobachten konnte. In seiner Eigenschaft als solcher war er für meine Zwecke jedoch nicht geeignet. Andere Stäbe im Markstrahl zu suchen wäre zu zeitraubend gewesen, da derartige Erscheinungen immerhin zu den Seltenheiten gerechnet werden müssen.

Mehr Anhaltspunkte boten die Doppelreihen, die ich in zwei Formen beobachten konnte; die ersten fanden sich auf dem Querschnitt, die anderen auf radialen Längsschnitten.

Die erstgenannten Doppelreihen entsprechen ganz denen, die aus dem Kambium entstanden waren. Auch hier zeigte sich ein ganz verschiedenes Verhältnis von Holz- und Rindenelementen, welches mit der Annahme einer „dauernden" Initiale nicht in Einklang zu bringen ist. Dies zeigte sich besonders deutlich an einem Stengel von Plectranthus, bei welcher Species die vielschichtigen Markstrahlen einen bedeutenden Teil des Holz- und Rindenkörpers ausmachten. Auch hier liessen sich Gebilde, wie ich sie in Fig. 2 für das Kambium darstellte, in ähnlicher Form beobachten.

Noch günstigere Beobachtungen konnte ich an den Doppelreihen machen, welche ich auf radialen Längsschnitten fand. Ich muss hierzu jedoch erst eine einleitende Erklärung geben.

In seiner Abhandlung: „Ein Beitrag zur Kenntnis der Markstrahlen dikotyler Hölzer" [1] macht Kny auf die Verschiedenartigkeit der Markstrahlelemente und deren physiologische Bedeutung aufmerksam. Er unterscheidet zwei Elemente: Pallisaden- und Merenchymzellen, die meist innerhalb desselben Markstrahls vorkommen. Die ersteren zeichnen sich gewöhnlich durch Streckung in der Stammaxe, die anderen durch grössere, radiale Ausdehnung aus. Die Verteilung derselben im Holzkörper ist so, dass in der Nähe des Markes und in den ersten Jahresringen Pallisadenzellen vorherrschen, mit zunehmender Dicke des Stammes jedoch in Merenchymzellen übergehen. Dieser Übergang vollzieht sich nun so, dass

[1] Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. VIII, 1890.

im Markstrahlmeristem eine resp. mehrere Pallisadenzellen sich durch Querwände teilen. Indem nun diese halb so grossen Meristemzellen ihre Thätigkeit fortsetzen, kommen im Holze Bilder zu stande, die lebhaft an die früher beschriebenen Doppelreihen erinnern. Sie geben mir ebenfalls einen Anhalt für die Zusammengehörigkeit der aus ihnen entstandenen Zellen. Nun ist zu bemerken, dass die auf genannte Weise entstandenen Doppelreihen entsprechend den Lang- und Kurzstäben, in zwei Kategorien eingeteilt werden können, nämlich in solche, welche sich zugleich in Holz und Rinde finden, und solche, welche in Holz oder Rinde[1] allein vorkommen. Abgesehen von den ersteren, die dieselben Resultate wie alle bisher besprochenen Doppelreihen liefern würden, möchte ich auf die Reihen der zweiten Art besonderes Gewicht legen. Die längsten derselben, die ich bei Sambucus fand, waren siebenzellig. Da nun aber eine relativ grosse Anzahl von ein- bis zweizelligen vorkommt, so kann der Einwurf gemacht werden, dass eine solche längere Reihe sich aus einer Anzahl kürzerer Stücke zusammensetzt. Da nun aber nachträgliche Verschiebungen nicht anzunehmen sind, so kann man die zu einer zweiten resp. dritten Mutterzelle gehörigen Wände an ihrem Verlauf leicht erkennen. Nach Ausscheidung derartiger zweifelhaften Fälle blieben mir immerhin noch bis sechszellige Stücke übrig, die also aus einer Zelle entstanden sind. Diese Doppelreihen bieten demnach ebenfalls einen Stützpunkt für unsere Annahme, auch in dem Markstrahlmeristem ein gleichartiges Gewebe teilungsfähiger Zellen zu sehen.

Dass schliesslich dicke Wände im Markstrahlmeristem von mir nicht beobachtet sind, ist, obwohl dieselben theoretisch angenommen werden müssen, bei ihrer relativ geringen Zahl wohl erklärlich. In Betracht mag hierbei noch die an und für sich schon geringe Dicke der tangentialen Markstrahlwände kommen.

Aus eben demselben Grunde müsste ich auch auf die Beurteilung der Teilungsvorgänge aus der Stärke der Wände verzichten.

Fasse ich die allerdings nicht zu zahlreichen Argumente nebst den Ergebnissen der theoretischen Betrachtung zusammen, so muss ich zu dem Schluss kommen, dass im Prinzip das Markstrahlmeristem sich wie das Kambium verhält.

[1] Von diesen nur in der Rinde vorkommenden musste ich, der Unsicherheit ihrer Beurteilung wegen, absehen.

Hierzu ist aber noch Folgendes zu bemerken. Wie schon vorher von mir erwähnt worden, wird die Anzahl der Teilungen im Markstrahlmeristem dieselbe sein, wie im Kambium, sobald die Grösse der dazu gehörigen Abscheidungsprodukte dieselbe ist. Dieser Fall findet sich thatsächlich z. B. bei Sambucus, Symphoricarpus etc. Kommen dagegen auf eine Markstrahlzelle eine mehr oder weniger grosse Anzahl von Libriformzellen, so wird natürlich die Zahl der Teilungen im erstgenannten Meristem dementsprechend hinter der des Kambium zurückbleiben, ein Fall, der in der Natur der häufigere ist. So finden wir z. B. in Fig. 4 ca. vier bis fünf teilungsfähige Meristemzellen, während im Kambium deren ca. 30 sind. Die Meristemzellen erfahren im übrigen eine weit bedeutendere Streckung bei ihrer Differenzierung als die Kambiumzellen; dieselbe kann sich bis auf das sechsfache ihrer ursprünglichen Grösse belaufen. Sie erfolgt in demselben Masse, als die anstossenden Libriformzellen sich teilen. Allerdings ist auch zu berücksichtigen, dass sich obige Eigur auf einen üppig wachsenden Stamm von Populus bezieht. Nimmt man hingegen analoge Beobachtungen an einem langsam wachsenden Stamme oder jüngeren Zweige mit wenig schichtigem Kambium vor, so können sehr wohl die von Krabbe gefundenen Resultate eintreffen. Vorausgesetzt muss jedoch werden, dass die radiale Ausdehnung der Markstrahlzellen ein Vielfaches der einer Libriformzelle darstelle. So konnte ich z. B. an einem jungen Zweige von Aesculus im Winterstadium eine Markstrahlmeristemzelle beobachten, die nicht nur die Breite des Kambiums einnahm, sondern sogar etwas in Holz und Rinde hineinragte.

Indessen ist auch in diesen und ähnlichen Fällen ein so streng gefasster Satz, wie ihn Krabbe ausspricht, nicht richtig, da infolge der schon oben erwähnten Verschiedenheit der Markstrahlelemente selbst an ein und demselben Schnitte Abweichungen zu beobachten sind. Ist z. B. bei Salix fragilis eine Merenchymzelle ca. drei- bis viermal so lang als eine Pallisadenzelle, so wird im ersteren Falle die Tochterzelle direkt zum Holz übergehen, während eine daneben befindliche sich noch in drei bis vier Pallisadenzellen teilen muss, wodurch jedoch eine dauernde „Initiale“ in Frage gestellt wird.[1]

[1] Vergl. Kny, Ber. d. d. Bot. Ges., Bd. VIII, 1890, Fig. 2.

An dieser Stelle möchte ich schliesslich noch das Verhalten des Kambiums und Markstrahlmeristems am Schlusse der Vegetationsperiode erwähnen, namentlich so weit dasselbe mit einer ziemlich verbreiteten Erscheinung im Holzkörper zusammenhängt, nämlich der Verbreiterung der Markstrahlen an den Grenzen der Jahresringe.

An Hölzern mit radial gestreckten Markstrahlzellen lässt sich häufig beobachten, dass in den letzten Teilen des Herbstholzes diese Zellen bedeutend kürzer werden, gleichzeitig aber auch die Querwände, die sonst infolge tangentialen Druckes schief stehen, genau tangential gerichtet sind. Infolge dessen erscheint an diesen Stellen der Markstrahl, ob ein- oder mehrschichtig, verbreitert. Diese Verbreiterung kann bisweilen mehr als das Doppelte des ursprünglichen Durchmessers betragen. Im nächstjährigen Frühjahrsholze dagegen zeigt sich wiederum das ursprüngliche Bild. Dasselbe kann man auch mitten in der Vegetationsperiode an dem thätigen Kambium beobachten.[1]

Aus der Verkürzung der Markstrahlzellen (in radialer Richtung) ersehe ich, dass die Thätigkeit des Kambiums ziemlich plötzlich aufgehört haben muss, da die Markstrahlmeristemzellen noch vor Erlangung der normalen Grösse der aus ihnen hervorgehenden Differenzierungsprodukte ihr Wachstum eingestellt haben. Wie ich nun schon vorher gezeigt habe, geht mit den Teilungen auf der Holzseite das Längenwachstum der Libriformzellen Hand in Hand. Hören dagegen am Schlusse der Vegetationsperiode die Teilungen der Kambiumzellen auf, so wird die Differenzierung dieser Zellen bis ca. zur Mitte des Kambiums fortschreiten und nur noch wenige, das Winterkambium darstellende Zellen übrig lassen. Hierbei ist aber zu bemerken, dass je näher der Jahresgrenze, umso geringer das Spitzenwachstum der sich differenzierenden Kambiumzellen ist. Auf dem Querschnitt ist dies daran zu erkennen, dass die Spitzen einer tieferliegenden Radialreihe allmählich aus dem Gesichtsfelde verschwinden. Wenn jedoch die Vegetationsperiode im nächsten Frühjahr wieder beginnt, erscheinen die Spitzen wiederum von Neuem.

Was nun die Verbreiterung der Markstrahlzellen anbetrifft, so findet dieselbe in diesem Dazwischendrängen der Spitzen tiefer

[1] Vergl. Krabbe, Gleit. Wachstum, Fig. 1.

resp. höher gelegener Libriformreihen ihre Erklärung. Mit diesem Wachstum muss eine bedeutende Druckzunahme in tangentialer Richtung verbunden sein, wodurch die Markstrahlzellen zusammengedrückt werden, was in dem Schiefstehen der Querwände[1] zum Ausdruck kommt. Wo indessen, wie am Ende eines Jahresringes oder im Kambium dieses Spitzenwachstum aufhört, oder nur im geringen Masse stattfindet, behalten die Markstrahlzellen ihre Meristembreite bei. Wie schon gesagt, sind die eben beschriebenen Erscheinungen von mir nur an Hölzern mit langgestreckten Markstrahlzellen beobachtet werden. Ob indessen im entgegengesetzten Falle eine geringere Streckung der Libriformzellen oder ein besonderes Verhalten der Markstrahlen vorliegt, konnte ich aus Zeitmangel nicht entscheiden.

Im Anschluss an die soeben erörterten Fragen, möchte ich noch auf zwei Vorgänge, nämlich die Entstehung der Gefässe und das „gleitende Wachstum“ eingehen, welche mit dem Vorhergehenden insofern im engsten Zusammenhange stehen, als sich dieselben fast ausschliesslich innerhalb des Verdickungsringes abspielen.

III. Entstehung der Gefässe.

Für die Gefässbildung kommen nach den Angaben, welche Krabbe im Beginn seiner Arbeit über das „gleitende Wachstum“ nach Velten[2] zitiert, a priori drei Möglichkeiten in Betracht, deren Zutreffen er jedoch widerlegt.

Das Gefäss erreicht ein grösseres Volumen erstens dadurch, dass während der Ausbildung des Xylem in den zum Gefäss bestimmten Zellen keine Teilungen stattfinden, während dieselben in den übrigen Kambiumzellen noch fortdauern; zweitens dadurch, dass nicht nur in der Längs-, sondern auch in der Querrichtung Verschmelzungen von Zellen vorkommen; drittens endlich durch Zusammendrücken der im Kontakt mit dem Gefäss stehenden Zellen.

Von den beiden letzten Möglichkeiten abgesehen, verdient nun die erste Annahme nach den von mir gemachten Beobachtungen

[1] Vergl. p. 39.

[2] W. Velten, Über die Entwicklung des Kambiums etc., Bot. Zeit., Jahrgang 1875, p. 810 ff.

keineswegs so wenig Berücksichtigung, wie ihr Krabbe zukommen lässt. Er sagt hierüber: „Da aber in der subkambialen Zone Zellteilungen, wenn überhaupt, nur in einzelnen Fällen und dann auch nur in geringer Anzahl zu beobachten sind, so ist nicht daran zu denken, auf diesem Wege den Unterschied im Volumen der verschiedenen Holzzellen zu erklären." Es ist klar, dass diese Ansicht nach der damals noch unangefochtenen Teilungstheorie von Sanio eine gewisse Berechtigung in sich schliesst. Waren doch nach derselben Teilungen ausserhalb des eigentlichen Kambiumringes nicht möglich. Demzufolge ist es auch wohl begreiflich, dass Krabbe im Gegensatz zu meinen Beobachtungen nur äusserst selten solche neu aufgetretenen Wände angetroffen und diese als Ausnahmen hingestellt hat.

Dass die von mir beobachteten jungen Wände als solche anzusehen sind, geht noch aus folgender Betrachtung hervor. In Fig. 4 finden sich im Bereich des Verdickungsringes, wie ich schon vorhin andeutete, ca. 8 Markstrahlmeristemzellen, von denen ca. 4—5 teilungsfähig sind, während die übrigen nur noch Streckungen erfahren. Durchschnittlich kommen nun im fertigen Holze ca. 6 Libriformzellen auf eine Markstrahlzelle. Es ist daher ziemlich sicher, dass in der Region des Kambiums, wo, mit Ausnahme des innersten Teiles desselben, weniger als 6 Kambiumzellen auf eine Markstrahlmeristemzelle kommen, noch Teilungen stattfinden werden. Es würden demnach die Zellen von 4,5 etc. (Reihe I) an aufwärts sich noch zu teilen haben, während die neben dem grossen Gefäss liegenden Zwillinge (1,2) (3,4) durch die letzten Teilungen entstanden sind. Ähnlich ist es auf der Rindenseite, wo jenes Verhältnis ca. 1 : 4 beträgt, demnach auch das Kambium bis ca. Zelle 27 resp. 28 zu rechnen ist. Es ist dies ein neues Argument für die Richtigkeit unserer Teilungstheorie, welches ich jedoch erst nach Beleuchtung der Thätigkeit des Markstrahlmeristems angeben konnte.

Andererseits kann man auch auf radialen Längsschnitten durch das Holz häufig Zell-Zwillinge resp. -Drillinge beobachten Dies stellt sich so dar, dass die Tochterzellen, welche sich durch geringere Länge vor der Mutterzelle auszeichnen, innerhalb derselben liegen, gewissermassen also Segmente derselben bilden. Die Spitzen der Tochterzellen laufen demnach in die Wände der Mutterzelle aus. Hieraus geht hervor, dass, während eine Kambiumzelle

sich zum Libriform ausbildete, noch Teilungen in ihr stattgefunden haben müssen. Da jedoch diese Zellen bald zum Holz übergingen, also ihre Wachstumsfähigkeit verloren, konnten sich die Tochterzellen nicht zu der normalen Länge entwickeln.

Hieraus geht zur Genüge hervor, dass die Differenzierungen zu Gefässen und Libriformzellen noch innerhalb des teilungsfähigen Verdickungsringes vor sich gehen.

Die ersten Anfänge hierzu lassen sich ziemlich weit in den Verdickungsring hinein verfolgen. Sobald nun eine zum Gefäss bestimmte Kambiumzelle sich zu differenzieren beginnt, hört ihre Teilungsfähigkeit auf, während die umgebenden Zellen ihre Teilungen fortsetzen. Gleichzeitig, bisweilen noch früher, beginnt das Gefäss in tangentialer Richtung sich auszudehnen, indem es zum Teil die anstossenden Radialreihen zur Seite drängt, zum Teil auch die Tangentialwand resp. -wände der Nachbarreihen in ihre Lamellen zerlegt und so sich in die Reihen hineindrängt, ein Vorgang, den Krabbe in der schon genannten Arbeit genau dargestellt hat. Hierdurch wird nun natürlich die tangentiale Ausdehnung der Nachbarzellen sehr beeinträchtigt, so dass, wenn in denselben wiederum neue Wände auftreten, dieselben gleich von vornherein eine geringere Länge besitzen werden, als die ursprünglichen Zellen. Es ist also nicht immer gesagt, dass jede Tangentialwand in der Nähe eines Gefässes, die sich durch geringere Länge auszeichnet, durch Trennung der Lamellen verkürzt sein muss. In dieser Weise setzt sich das Wachstum des Gefässes bis zu seiner vollständigen Grösse fort.[1] In seinen Wachstumsphasen wird also das Gefäss auf allen Seiten von sich noch teilenden Zellen umgeben erscheinen. (Vergl. Fig. 5.)

Dieser Darstellung der Wachstumsvorgänge könnte nun vielleicht der Einwurf gemacht werden, dass speziell bei Populus, wo die Gefässe in radialer Richtung besonders gestreckt sind, zumal an einem üppig wachsenden Stamm, diese Verhältnisse eine Ausnahme bilden. Um dem zu begegnen, habe ich einen Stamm von Tilia, der nur langsam wuchs, untersucht und dieselben Vorgänge angetroffen. Schliesslich habe ich noch ein- bis zweijährige Zweige

---

[1] In Betracht zu ziehen ist noch, dass während dieser Vorgänge alle Zellen des Verdickungsringes eine radiale Streckung erfahren, daher auch ein grösseres Lumen zeigen, als die ursprünglichen, undifferenzierten Kambiumzellen.

von Sambucus, Tilia, Aesculus, Juglans, Brassica etc. hieraufhin geprüft, bin aber auch hier zu denselben Resultaten gekommen. Allerdings ist zu bemerken, dass bei solchen Hölzern, bei denen die Gefässe eine nur ca. 2—3mal so grosse Ausdehnung in radialer Richtung als eine mittlere Libriformzelle besitzen, dementsprechend auch nur wenige Teilungen in den benachbarten Zellen zu finden sind; z. B. Sambucus, Acer, Brassica etc. Umgekehrt wird in den Fällen, wo das fertige Gefäss einen beträchtlich grösseren, radialen Durchmesser besitzt, wie z. B. bei Quercus, Juglans, Popluus etc. auch eine bedeutend grössere Anzahl von Teilungen notwendig sein. Hiebei ist nicht notwendig, dass das Gefäss rings von jungen Wänden umgeben sei. Vielmehr kann sich ein Teil desselben schon ausserhalb des nur wenigschichtigen Verdickungsringes[1] befinden, während der andere noch in der Fortentwicklung begriffen ist, demnach von sich noch teilenden Zellen begrenzt wird.

Da bei den letztgenannten Gefässarten das tangentiale Wachstum aber ebenfalls sehr bedeutend ist, so kann man beobachten, dass häufig die nächstgelegenen Radialreihen, sofern sie nicht unterbrochen werden, in Bezug auf das Auftreten neuer Wände nachteilig beeinflusst werden.

Interessant ist schliesslich, dass selbst aus Krabbes Figuren mit unzweifelhafter Sicherheit hervorgeht, dass Teilungen in den Nachbarreihen des Gefässes stattgefunden haben müssen. Betrachtet man z. B. Fig. 36 daselbst, so kann man berechnen, dass der Radialdurchmesser des Gefässes ca. 10—12 Libriformzellen mittlerer Grösse ausmacht. Es müssen also in einer entsprechenden Radialreihe, welche nur aus Libriform besteht, während der Ausbildung des Gefässes aus einer dieser entsprechenden Zelle 10—12 Zellen entstanden sein, da Verzerrungen nicht zu beobachten sind. Der Einwurf, dass hier analog Fig. 44 und 45 das Gefäss auf Kosten der innerhalb und ausserhalb gelegenen Zellen sein Volumen vergrössert hat, ist nicht aufrecht zu erhalten, da genannte Zellen sich nicht durch geringere Grösse auszeichnen. Übrigens giebt auch Krabbe für Populus (vergl. Fig. 33) inkonsequenter Weise Teilungen in den Nachbarzellen an.

Schliesslich möchte ich nochmals bemerken, dass die besprochenen Teilungen ausschliesslich für die radiale Ausdehnung

[1] An jungen Zweigen.

des Gefässes in Betracht kommen, während die Tangentiale, selten auch die radiale Verbreiterung durch Spalten anstossender Wände bewirkt wird, wie es Krabbe dargestellt hat.

IV. Vorkommen des gleitenden Wachstums.

Was die Frage des „gleitenden Wachstums" anbetrifft, so hat dieselbe in der schon genannten Arbeit von Krabbe eine genauere Bearbeitung erfahren. Dieser Autor giebt in derselben an, dass bei der Entstehung der Gefässe nicht bloss ein Gleiten ihrer Membranen auf den anstossenden Wandungen der umgebenden Zellen stattfindet, dass vielmehr solche Vorgänge auch in benachbarten Gewebezonen hervorgerufen werden. Im Verlaufe der vorhergehenden Untersuchungen habe ich nun den Eindruck gewonnen, dass, wenn eine derartige Erscheinung im Sinne genannten Autors überhaupt zu Recht besteht, die Verbreitung derselben zum mindesten zu weit ausgedehnt worden ist.

In den Figuren 41, 42, 43 hat Krabbe die Entstehung eines Gefässes schematisch dargestellt. Hierbei nimmt er ein gleichmässiges Wachstum der zur Radialwand gehörigen Gefässmembran an. Da nun aber die zu derselben Wand gehörige Lamelle der Nachbarzelle ein Wachstum nicht zeigt, so ergiebt sich, dass die verschiedenen Lamellen auf den anderen „gleiten" müssen. Von dieser Betrachtung ausgehend, nahm er nun ein ähnliches Verhalten nicht nur bei dem Längenwachstum der Libriform- und Bastfasern an, sondern er übertrug dasselbe auch auf Gewebekomplexe, welche nicht direkt mit dem Gefäss in Berührung stehen, in denen das „Gleiten" jedoch als Folgeerscheinung des Gefässwachstums auftreten sollte. Hiermit ist aber die Möglichkeit gegeben, das „Gleiten" als ganz allgemeine Erscheinung in dem Verdickungsringe und den sich differenzierenden Gewebepartien anzunehmen.

Da ich selbst im ersten Teile meiner Arbeit verschiedentlich Gelegenheit hatte, derartige Fragen aufzuwerfen, so sehe ich mich veranlasst, hierauf näher einzugehen; umsomehr, als diese Vorgänge sich fast ausschliesslich innerhalb des Verdickungsringes abspielen. Bei den folgenden Darlegungen habe ich nun die Elemente des Holzkörpers in ihrem gegenseitigen Verhalten berücksichtigt und zwar in folgenden, sich auf den Kontakt beziehenden Kombinationen:

1. Markstrahlzelle — Gefäss Libriform (Tracheïde)[1]
2. Markstrahlzelle — Markstrahlzelle.
3. Libriform — Gefäss, Libriform (Tracheïde)[1].

Aus praktischen Gründen habe ich das Verhalten auf den Radial- und Tangentialwänden gesondert betrachtet. Hervorheben möchte ich ausserdem, dass ich die typischen von Krabbe in Fig. 41 und folgende dargestellten Fälle, bei denen ein Spalten von Tangentialwänden in Lamellen stadtfindet, nicht in den engeren Kreis meiner Beobachtungen hineingezogen habe.

Ich beginne mit den Radialwänden.

A.

1. Gelegentlich der Beobachtung der Teilungsvorgänge im Markstrahlmeristem hatte ich die Frage stellen müssen, ob ein „Gleiten“ zwischen einer Markstrahle und Libriformreihe verkommt oder nicht. Krabbe nimmt ein solches für kürzere Strecken an, aber nur für bestimmte Regionen. Worauf stützt nun Krabbe seine Ansicht? In Fig. 44 und 45 stellt er die Entstehung eines Gefässes dar, um zu zeigen, dass nicht nur ein Gleiten auf der Oberfläche des Gefässes, sondern auch in den anliegenden, speziell innerhalb und ausserhalb des Gefässes liegenden Gewebepartien hervorgerufen wird. Seine Erklärung ist nun die, dass die Zunahme des Volumens des Gefässes die zunächst gelegenen Zellen derselben Radialreihe im Wachstum beeinträchtige und zwar in demselben Masse, als die Zunahme erfolgt. Da nun aber in dieser Region nachträgliche Teilungen nicht vorkommen, so schliesst er, dass die Membranen des Gefässes und die beeinträchtigten Zellen auf denen der beiden Nachbarreihen „gleiten“ müssen. Ein solcher Fall, bei dem tangentiales Wachstum des Gefässes, wie es meistens damit verbunden ist, durch anstossende Markstrahlen ausgeschlossen ist, hat er in Fig. 33 dargestellt. Aus allem ersehen wir, dass diese Erklärung ein Fehlen resp. seltenes Auftreten nachträglicher Teilungen voraussetzt. Dem gegenüber zeigt sich, dass dieses und ähnliche Beispiele durch Annahme entsprechender Teilungen genügend erklärt wird, ein „Gleiten“ also vollkommen überflüssig ist.

[1] Die Tracheïden habe ich nicht gesondert besprochen, da kaum anzunehmen ist, dass dieselben sich anders verhalten werden als Gefässe einerseits, Libriformzellen andererseits.

Die radiale Ausdehnung des Gefässes ist ca. sechsmal so gross als eine mittlere Libriformzelle. Während also die Gefässzelle sich nicht mehr teilte, gingen aus einer entsprechenden Zelle der Nachbarreihen noch sechs hervor. Was nun die Zellen 8, 9 und 16, 17 anbetrifft, so scheint ziemlich klar, dass dieselben durch eine nochmalige Teilung entstandene Zwillinge sind, demnach sich auch durch kleineren Durchmesser auszeichnen. Es würde also (16 + 17) der Zelle 15 entsprechen; ebenso bei den andern beiden Zellen. Da aber Spannungen gar nicht oder nur in geringem Masse vorhanden sind, so ist die Annahme eines Gleitens völlig zwecklos. Schliesslich muss aber noch hervorgehoben werden, dass Krabbe in Fig. 33 einen speziellen, für seine Annahme günstigen Fall gewählt hat, der in der Natur nur selten vorkommt. Meistens sind nämlich die innerhalb und ausserhalb des Gefässes liegenden Zellen ganz normal. Wenn ich nun aber selbst bei Gefässreihen, die bei Populus bisweilen ca. 35 Libriformzellen entsprechen, keine Zellen finde, die eine Beeinträchtigung ihres Wachstums zeigen, so glaube ich annehmen zu müssen, dass ein Gleiten im Sinne Krabbes ausgeschlossen ist. Ähnliches kann man bei Aesculus und anderen beobachten. Dass etwa bei allen diesen Fällen eine Erklärung derart gegeben werden könnte, dass das Gefäss alle ausserhalb liegenden Zellen vor sich herstossen würde, ein Vorgang, der ebenfalls mit „Gleiten" verbunden wäre, ist, wie schon Krabbe hervorhob, unmöglich, da sich die Folgen bis in die Rinde hinein verfolgen lassen müssten.

Nachdem ich bis jetzt gezeigt habe, dass an genannten Objekten durch die neue Teilungstheorie des Kambiums ein Gleiten höchst unwahrscheinlich ist, möchte ich noch an anderen Beispielen in genauer Weise die Unmöglichkeit desselben darlegen.

Hierzu eignet sich die Gestalt der Markstrahlzellen ganz vorzüglich. Ursprünglich besitzen diese Zellen auf dem Querschnitt im Meristem die Form eines Rechteckes. Im Holze resp. dem sich differenzierenden Kambium hingegen zeigen sich die mannigfachsten Veränderungen, indem die Querwände eine mehr oder minder schiefe Richtung annehmen, wodurch schiefwinklige Parallelogramme oder Trapeze entstehen. Welcher ist nun die Ursache dieser Änderungen? Was die Zellen von der Gestalt eines Parallelogramms anbetrifft, so sind dieselben von der Betrachtung nach folgender Überlegung

auszuschliessen. Bei Populus u. a. Hölzern besitzen die Markstrahlmeristemzellen den verholzten Zellen gegenüber eine unter Umständen doppelt so grosse Breite. Diese Erscheinung erklärt sich, wie ich früher ausführte, dadurch, dass die durch das Hineindrängen höher resp. tiefer gelegener Libriformreihen hervorgerufene tangentiale Ausdehnung des Xylem ein Zusammendrücken der Markstrahlzellen hervorruft. Eine Folge hiervon muss sein, dass die ursprünglich tangential stehenden Querwände eine mehr oder minder schiefe Richtung annehmen werden. Wirken hierbei keine anderen Faktoren mit, so muss diese Stellungsänderung bei allen Querwänden in demselben Sinne geschehen, so dass also Parallelogramme entstehen.[1] Diesen Bildungen stehen nun jene mehr oder minder regelmässigen Trapezformen gegenüber, die, wie ich im Folgenden zeigen werde, auf direkte Wachstumsvorgänge zurückzuführen sind und ein Gleiten ausschliessen. Fig. 7 stelle einen Markstrahl m mit zwei daranstossenden Libriformreihen dar und zwar auf dem Übergang vom Verdickungsringe zum Holze. Die Zelle A sei auf beiden Seiten von je 3 Zellen begrenzt, so dass die Wand a[2] senkrecht zur Längsrichtung liegt. Was geschieht nun, wenn sich z. B. in Reihe I eine der 3 Zellen nochmals teilt? Würde ein Gleiten der Membranen stattfinden, so würde die sich teilende Zelle (sobald sich deren Tochterzellen noch strecken) die nach aussen gelegenen, übrigen Zellen herausdrängen, wobei keinerlei Veränderungen in der Zelle A stattfinden. Demgegenüber ist nun zu beobachten, dass die nach dem Markstrahle zu gelegene Radialwand der sich teilenden Zellen, als Ganzes wächst, (d. h. gleichzeitig mit der zur Markstrahlzelle gehörigen Lamelle) demnach auch die Wand der Zelle A um eine Libriformzelllänge sich verlängert. Die Folge hiervon ist, dass die Wand a eine Schiefstellung, wie in der Figur angedeutet ist, erfährt, da auf der Innenseite der Holzcylinder eine feste Grundlage bietet. Diese und ähnliche Fälle kann man sehr häufig auch im fertigen Holze finden. Aber auch in anderer Form kann dieselbe Erscheinung auftreten. Es kann z. B. statt der Teilung einer Zelle, alle 3 Zellen eine grössere, radiale Ausdehnung er-

---

[1] Zu bemerken ist, dass diesen Vorgängen ein besonderer Wachstumsprozess auf der einen Seite des Markstrahls vorausgegangen sein muss, was jedoch nicht mit dem Folgenden zu verwechseln ist.

[2] a bedeutet die nach der Rinde zu gelegene Querwand der Zelle A.

langen, was namentlich in der Nähe von Gefässen der Fall ist, oder es wird eine der 3 Zellen zu einem kleinen Gefässe u. s. w. Überall aber findet sich dieselbe Wirkung.

Über derartige Bilder im fertigen Holze ist noch folgendes zu sagen. Die Schiefstellung der Markstrahlquerwände kann auch seinen Grund in einer schiefen Anlage einer neuen Wand im Meristem haben. An einschichtigen Markstrahlen war dies jedoch nie, an mehrschichtigen dagegen häufiger zu beobachten. Da nun aber die Tangente des Neigungswinkels im direkten Verhältnis zur späteren Streckung steht, so wird sich in diesen Fällen die Neigung der Wände im fertigen Holze bedeutender bemerkbar machen. Um aber auch an einschichtigen Markstrahlen hieraus resultierende Fehler nach Möglichkeit zu eleminieren, habe ich für meine Beobachtungen nur möglichst kurze Markstrahlzellen benützt. Im übrigen lässt die Regelmässigkeit und Gleichartigkeit der Erscheinung einen Zweifel an der Richtigkeit unserer Annahme kaum aufkommen. Diese Regelmässigkeit dokumentiert sich hauptsächlich darin, dass auf der äusseren Hälfte eines Gefässes und den nächstfolgenden Libriformzellen derselben Radialreihe die Markstrahlquerwände fast ausschliesslich nach aussen zum Gefäss konvergieren,[1] während auf der inneren Hälfte die Querwände tangential gerichtet sind oder in entgegengesetzter Richtung zusammen neigen. Letzterer Fall würde zeigen, dass die Wachstumsrichtung des Gefässes auch nach Innen gerichtet war.[2] Alle diese Erscheinungen konnte ich sowohl im fertigen Holze, als auch im sich differenzierenden Kambium verfolgen. Für den letzteren Fall eigneten sich namentlich die Beobachtungen, welche ich im Beginn der Kambiumsthätigkeit an jungen Zweigen von Sambucus etc. machte, ganz vorzüglich. Es war hier dasselbe Verhalten zu beobachten, welches ich bei der Erklärung der Fig. 8 zu besprechen haben werde.

Auch in anderem Zusammenhange lässt sich das Schiefstehen der Markstrahlquerwände in demselben Sinne verfolgen, wie ich dies an einem jungen Aste von Quercus im Beginn der diesjährigen

---

[1] Vergl. Fig. 5.

[2] Es ist allerdings nicht zu leugnen, dass bisweilen wohl auch Abweichungen von der Richtung der Neigungen vorkommen. Es ist dies aber leicht dadurch erklärlich, dass unter Umständen eine nochmalige Teilung einer auf der anderen Seite des Markstrahls gelegenen Zelle genügt, um eine schiefstehende Querwand gerade zu rücken oder umgekehrt.

Vegetationsperiode beobachtete. Die Peripherie des vorjährigen Holzcylinders zeigte nämlich, wie dies auch an anderen Hölzern vorkommt, mehr oder minder in das Holz hineinragende Einbuchtungen.[1] Diese Erscheinung ist darauf zurückzuführen, dass in jenen Regionen vom Kambium verhältnismässig wenig Holz, dafür aber mehr Rindenelemente abgeschieden worden waren. Trotzdem war die radiale Anordnung der Elemente nicht gestört. Die Folge dieses ungleichen Wachstums war aber, dass an den Rändern der Einbuchtungen, an denen die Peripherie des Holzkörpers in fast radialer Richtung verlief, ganz enorme Verzerrungen an den dort befindlichen Markstrahlen zu beobachten waren und zwar derart, dass alle Querwände in einem Sinne, nämlich nach der Einbuchtung zu, konvergierten.

Schliesslich möchte ich noch auf die Figuren hinweisen, welche Kny in der schon genannten Arbeit[2] darstellt. Fig. 1 und 2 zeigen uns auf dem radialen Längsschnitt das Verhalten der Markstrahl- und Gefässwand. Die Pallisadenzellen zeichnen sich an den Berührungsstellen durch einen bedeutend verlängerten, radialen Durchmesser aus, selbst dort, wo noch während der Gefässbildung Teilungen im Markstrahlmeristem stattgefunden haben. (Fig. 1). Es muss also auch hier eine Beeinflussung der Markstrahlmembran durch die des Gefässes stattgefunden haben. Derartige Erscheinungen lassen sich in den verschiedensten Hölzern verfolgen. Es ist klar, dass alle diese Erscheinungen nur zur Voraussetzung haben, dass die Lamellen einer Markstrahlzelle einerseits und einer Gefäss- resp. Libriformzelle andererseits ein „Gleiten“ nicht ausführen, vielmehr ein Wachstum der einen Lamelle ein solches der anderen zur Folge hat.

2. Was das Markstrahlgewebe anbetrifft, so findet eine derartige Untersuchung, die a priori etwas Befremdendes an sich trägt, durch die Beobachtung ihre Erklärung, dass im fertigen Holze genannte Zellen häufig einen ausgesprochenen, prosenchymatischen Charakter zeigen, wie sie sich dies z. B. bei den mehrschichtigen

---

[1] Vielleicht ist diese Erscheinung mit den gerade an diesen Stellen zuerst auftretenden Gefässen, die bekanntlich bei Quercus einen bedeutenden Durchmesser zeigen, in Verbindung zu bringen, indem auf diese Weise für dieselben Raum geschaffen wird, zumal, da das Kambium an diesen Objekten nur wenigschichtig ist.

[2] Ber. d. d. bot. Ges., 1890, Bd. VIII.

Markstrahlen von Fagus in ganz hervorragendem Masse zeigt. Mit der Annahme eines nachträglichen Spitzenwachstums ist aber vielleicht ein Gleiten der Lamellen verbunden. Es hat sich nun herausgestellt, dass ein nachträgliches Spitzenwachstum thatsächlich nicht zu beobachten ist, mithin auch die Annahme eines etwaigen Gleitens hinfällig wird. Derartige Erscheinungen lassen sich vielmehr auf Wirkungen tangentialen Druckes oder auf schiefe Anlage im Meristem zurückführen. Indessen dürfte der Fall von Fagus eine nähere Betrachtung verdienen.

Es zeigt sich nämlich, dass auf der mittleren Radialreihe eines mehrschichtigen Markstrahles das Verhältnis von Holz- und Rindenelementen sich derart geändert hat, dass weniger Holz- und mehr Rindenelemente abgeschieden wurden. Der Wendekreis und mit ihm auch das Meristem springen also in spitzem Winkel in den Holzkörper hinein. Während nun die mittlere Reihe genau tangentiale Querwände besitzt, wurden die benachbarten Radialreihen durch dieses eigenartige Wachstum derart beeinträchtigt, dass deren Querwände eine Neigung nach innen zeigen und zwar auf jeder Seite in gleichem Sinne. Dieselbe Gestalt besitzen auch die Meristemzellen. Die neu auftretenden Querwände treten in derselben Richtung auf. Der aus Sklerenchymzellen bestehende Rindenmarkstrahl springt infolge dieses ungleichen Wachstums in den Holzkörper keilartig hervor.

3. Das Verhalten der Radialwand zwischen Gefäss und Libriform konnte ich besonders günstig im Beginn der Kambiumthätigkeit beobachten. Wie ich schon früher erwähnte, beginnt zu jener Zeit die erste Differenzierung der Gefässzellen im Kambium sehr frühzeitig, häufig so früh, dass in den umgebenden Libriform- resp. Markstrahlzellen fast noch gar keine neuen Wände aufgetreten sind, während die Verdickung und Verholzung der Gefässwandung schon vor sich gehen kann. Da nun auf der Innenseite der Holzcylinder eine feste Unterlage bietet, so findet die Streckung der Zelle nur nach aussen statt, während zu gleicher Zeit meist eine Ausdehnung in tangentialer Richtung durch Spalten der anstossenden Tangentialwände erreicht wird. Bisweilen jedoch tritt letzteres Wachstum erst später oder nur einseitig auf und auf diese Fälle möchte ich mein Augenmerk richten. Die Folge dieser plötzlichen Streckung in radialer Richtung ist nun die, dass die nach aussen liegenden

Kambiumzellen derselben Radialreihe hinausgeschoben werden, während die daneben befindlichen sich differenzierenden Kambiumzellen. so fern sie sich noch nicht geteilt haben, mit fortgerissen werden, was sich an dem Schiefstehen der Tangentialwände dokumentiert. Eine derartige Wirkung erstreckt sich bisweilen auf mehrere Zellreihen, in denen dann die Querwände in gleichem Sinne zur Radialrichtung konvergieren (vergl. Fig. 8). Es ist klar, dass diese Erscheinung ein Gleiten zwischen Gefäss und Libriformzelle, sowie zwischen den beiden letzteren ausschliesst. Von besonderer Wichtigkeit ist jedoch, die Fälle, wo ein Gefäss sich in die Nachbarreihe hineindrängt, auszuschliessen, da dort selbstverständlich eine Verlängerung der gemeinsamen Radialwand auf Kosten der gespaltenen Tangentialwand, und demzufolge auch eine Schiefstellung des übrig gebliebenen Stückes derselben stattgefunden hat (Fig. 9). Diese Fälle waren natürlich häufiger zu beobachten. Alle Erscheinungen können indessen zum Teil wieder verschwinden, sobald nämlich die benachbarten Zellen sich ebenfalls geteilt haben.

Dass nicht nur die tangierenden, sondern auch entferntere Reihen hierbei in Mitleidenschaft gezogen werden können, erklärt sich dadurch, dass in jeder schiefgestellten Wand durch das weitere Wachstum des Gefässes in radialer Richtung nach aussen, ein ebensolcher Zug auftritt. Derselbe zerlegt sich in zwei Komponenten. die in radialer und tangentialer Richtung wirken. Letztere wird ganz oder doch zum grössten Teile aufgehoben, so dass die in radialer Richtung nach aussen wirkende Komponente übrig bleibt. Dieselbe wirkt aber nur an den Lamellen der Radialwände der zu derselben Reihe gehörigen Zellen und veranlasst sie zum Wachstum. Indessen findet auch hier ebenso wie bei den früher erwähnten Fällen ein Wachstum der Lamellen der nächstfolgenden Libriformreihe in demselben Masse statt, was sich an dem Schiefstehen der Querwände auch hier dokumentiert. Es kann also auch ein Gleiten zwischen Libriformzellen nicht stattfinden.

Im Anschluss hieran möchte ich noch eine Erscheinung besprechen, die ich schon früher zu erwähnen Gelegenheit hatte, nämlich das Verschwinden einer Radialreihe aus dem Kambium, als Extrem einer dicken Wand. Ich möchte zeigen, dass dieser Vorgang auch nur bei Vermeidung eines „Gleitens“ stattfinden kann, obwohl ein solches im undifferenzierten Kambium schon a priori

höchst unwahrscheinlich ist. Raatz hatte den von mir auf p. 18 zitierten Vorgang derart angegeben, dass die Lamellen einer solchen Tangentialwand sich trennten, während der hydrostatische Druck im Kambium eine polygonale Abplattung hervorruft. Was bewirkt nun die Trennung der Lamellen? Sobald eine Tangentialwand infolge ihrer Lage eine solche Dicke erreicht hat, dass sie einen nennenswerten Bruchteil einer radialen Kambiumwand ausmacht, werden sich an ihr auch die mit den Teilungen und Streckungen der Kambiumzellen verbundenen Wachstumsvorgänge geltend machen. Das der Dicke der Wand entsprechende Lamellenstück einer Nachbarzelle verdoppelt sich bei jeder Teilung dieser Zelle. Da nun ein „Gleiten" nicht stattfindet, wird die dicke Wand an ihren Enden ebenfalls gedehnt werden, daselbst also noch dicker erscheinen. Geht nun diese Streckung weiter vor sich, so wird an den genannten Stellen die Spannung schliesslich so gross werden, dass der Kontakt der beiden Lamellen (vorerst nur an den Enden) gelöst wird, während die Lamelle der Nachbarzelle infolge des hydrostatischen Druckes in die entstehende Lücke hineingepresst wird. Mit dem ferneren Wachstum werden die beiden Tangentiallamellen ganz von einander getrennt und an Stelle dessen treten die beiden Radiallamellen zu einer neuen Wand zusammen, wodurch die Unterbrechung der Radialreihe vollzogen ist.

Es ist klar, dass diese Vorgänge ein Gleiten ausschliessen. Denn, nehme ich ein solches an, so wäre nicht einzusehen, warum eine derartige Veränderung gerade an einer dickeren Wand vorkäme. Hierdurch erklärt sich übrigens auch die schon von Sanio angegebene Erscheinung der Abrundung der Ecken, als ein Zeichen für ein höheres Alter der dazu gehörigen Wand.

B.

Ich gehe jetzt zu der Besprechung der Tangentialwände über.

Waren die bisherigen Resultate nur auf indirektem Wege erzielt worden, so stehen mir für die Untersuchungen der Tangentialwände direkte Anhaltspunkte zur Verfügung. In dem Schnittpunkte eines Stabes mit einer tangentialen Kambiumwand ist mir, da ich an derselben zwei Lamellen unterscheide, auf jeder derselben je ein fester Punkt gegeben. Diese Punkte stehen nun mitten im undifferenzierten Kambium einander gegenüber, müssten dagegen,

sobald durch irgend welche Wachstumsvorgänge eine Verschiebung der Lamellen herbeigeführt wird, sich von einander entfernen. Im fertigen Holze müsste also auf dem Querschnitt sowohl wie auf dem radialen Längsschnitt eine Unterbrechung des Stabes derart hervorgerufen werden, dass ein längerer Stab sich in eine Anzahl einzelliger Stäbe auflöst, die sich in den verschiedenen Regionen der Zellen in derselben Radialreihe vorfinden, oder aber es werden Teile des Stabes „abgelenkt", welche dann blind enden. Von allen diesen Fällen ist nun thatsächlich niemals etwas zu beobachten, hätte ich doch auch sonst nicht die Stäbe zur Beurteilung der Teilungsvorgänge heranziehen können. Ich muss also annehmen, dass an diesen Stellen ein Gleiten in tangentialer sowohl als wie axialer Richtung nicht stattgefunden hat. Da aber der Stab gleichzeitig durch die verschiedensten Elemente des Holzkörpers hindurchgeht, so kommen hierfür alle Kontaktkombinationen zwischen Libriform, Gefäss und Holzparenchym in Betracht. Um diese Erscheinungen näher zu beleuchten, möchte ich Einiges näher ausführen.

Streng genommen bezieht sich die Annahme eines Nichtgleitens nur auf die Stellen einer Wand, welche von dem Stabe getroffen werden. Da ich aber keine Veranlassung habe, an diesen Punkten ein besonderes Verhalten der Lamellen anzunehmen,[1] so kann diese selbe Eigenschaft auch noch den nächst gelegenen Partien der Wand beigelegt werden.

Nun kommen aber die Stäbe in den verschiedensten Regionen der erwähnten Zellen vor (bisweilen sogar gleichzeitig, vergl. Fig. 1), so dass ich annehmen muss, dass überall da, wo das Anlegen von Stäben stattfindet, ein Gleiten nicht vorkommt. Es wäre dies also der Teil einer tangentialen Zellwand, welcher den Wänden der ursprünglichen Mutterzelle des Stabes, die in den meisten Fällen eine undifferenzierte Kambiumzelle war, entspricht. Demnach kommen die typischen, von Krabbe in Fig. 41 auch dargestellten Fälle für diese Frage gar nicht in Betracht.

Was das Verhalten der Lamellen auf dem Querschnitt anbetrifft, so ist ein Gleiten in der Ebene desselben zwischen Libri-

[1] Die Annahme, dass an jenen Stellen die Stäbe, deren Querschnitt doch nur einen minimalen Punkt einer Wand bedeuten, ein Gleiten verhindert haben, ist wohl ausgeschlossen, da sonst mindestens Unregelmässigkeiten an der Wand zu beobachten wären.

form und Libriform schon von vornherein ausgeschlossen, da bei diesen Elementen ein tangentiales Wachstum nicht möglich ist. In Betracht können nur die Fälle kommen, wo ein Gefäss mit Libriform oder Holzparenchym zusammenstösst. Geht z. B. ein Stück eines längeren Stabes durch ein Gefäss, dessen tangentialer Durchmesser auf dem Querschnitt ca. das Drei- bis Vierfache desjenigen einer gewöhnlichen Libriformzelle beträgt (Juglans), so lässt sich trotzdem der Stab kontinuierlich verfolgen, ohne dass eine Verschiebung stattgefunden habe. Selbst in den Fällen, wo genanntes Wachstum nur einseitig stattgefunden hat, indem auf der anderen Seite ein Markstrahl ein ferneres Vordringen verhinderte, (vergl. Krabbe, l. c. p. 31) tritt dieselbe Erscheinung ein, so dass der Einwurf, der Stab möchte sich vielleicht an einem „toten Punkte" befinden, gegenstandslos wird. Liegen andererseits zwei oder mehrere Gefässe, die ebenfalls ein einseitiges, tangentiales Wachstum zeigen, in radialer Richtung hinter einander, so dass die je zwei Gefässen gemeinsame Tangentialwand sich bedeutend gestreckt hat, so verändert der Stab relativ seine Stelle auf dieser Wand nicht, in Wirklichkeit bildet er dagegen einen mehr oder weniger vorspringenden Winkel, ohne indessen unterbrochen zu werden[1] (Fig. 10). Die beiden Lamellen haben sich also in gleichem Masse gedehnt.[2]

Was das Verhalten der Tangentialwände bei dem Wachstum in der Längsrichtung anbetrifft, so sind hier die Fälle, wo Gefässe resp. Markstrahlzellen einerseits und Libriformzellen andererseits zusammenstossen, besonders wichtig. Erstere beiden Elemente (Gefäss und Markstrahlzellen) strecken sich, wie gesagt, gar nicht, während die letzteren (Libriformzellen) häufig die doppelte Länge einer Kambiumzelle erreichen können. Selbst in den Fällen, wo zur Vermeidung eines „toten Punktes" der Stab in der Nähe einer der beiden Querwände des Gefässes hindurchgeht (Fig. 1), ist eine Unterbrechung des Stabes niemals zu beobachten, vielmehr verläuft dieselbe immer in vollkommen gerader Linie. Die Fälle, wo Libri-

---

[1] Aus diesem Grunde ist es mit Schwierigkeiten verknüpft, auf dem radialen Längsschnitt längere Stäbe zu erhalten, da diese vorspringenden Winkel leicht durch den Schnitt entfernt werden.

[2] In allen Fällen ist übrigens besonders darauf zu achten, dass der Schnitt völlig senkrecht zur Längsachse des Holzes verläuft, da sonst ganz entstellte Bilder erscheinen.

form- und Libriformlamellen einander berühren, sind weniger von Bedeutung, weil der Einwurf gemacht werden könnte, dass die Zellen derselben Reihe zufälligerweise sich in gleichem Masse gestreckt haben, obwohl dieser Einwurf nur zum Teil berechtigt ist, wie wir gleich sehen werden.

Um etwaigen Missdeutungen zu begegnen, möchte ich noch auf zwei Erscheinungen aufmerksam machen, die zum Teil schon Raatz abgebildet hat.

Wenn eine Tangentialwand, welche von einem Stabe durchsetzt wird, sei es durch eine in der Längsrichtung sich streckende Libriformzelle oder ein in tangentialer Richtung sich ausdehnendes Gefäss in ihre beiden Lamellen gespalten wird, so wird selbstverständlich auch der Stab an jener Stelle unterbrochen werden. Im ersteren Falle erscheint dann der Stab in eine mehr oder minder grosse Anzahl einzelliger Stäbe aufgelöst, die jedoch immer in derselben Höhe verbleiben und daran in ihrer gegenseitigen Zusammengehörigkeit erkannt werden können (vergl. Raatz, l. c., Tafel XXVIII, Fig. 15), oder, wenn es sich um ein besonders starkes Längenwachstum einer Zelle handelt, nur einmal durchbrochen, wie in Fig. 1. In diesem Falle können beide Stabenden als ein Stab angesehen werden. Im zweiten Falle dagegen wird der Stab, da die ehemals tangential gerichtete Wand durch das Hineindrängen des Gefässes gewissermassen zur Radialwand wird, demnach sich um annähernd 90° dreht, nicht nur unterbrochen werden, sondern die hierdurch entstehenden Enden werden sich dem Gefäss zukehren. Ein Schluss betreffs des Gleitens lässt sich aus diesen Vorgängen jedoch nicht ziehen.

Was die andere Erscheinung anbetrifft, so kann man auf dem Radial-Längsschnitt durch den Holzkörper bisweilen beobachten, dass die durch eine Tangentialwand getrennten Stücke eines Stabes nicht ganz genau auf einander stossen. (Vergl. Raatz, l. c. Taf. XXVII, 7.) Diese Abweichungen sind indessen so minimal, (sie betragen nur einen kleinen Bruchteil der Dicke eines Stabes) dass sie selbstverständlich für unsere Frage nicht in Betracht kommen können. Von Bedeutung ist übrigens, dass der einer Mittellamelle entsprechende Zentralcylinder der Stabes keineswegs unterbrochen ist, vielmehr nur eine kleine Krümmung am Schnittpunkte mit der der Tangentialwand erfährt.

Fasse ich schliesslich die Ergebnisse das Gleiten betreffend nochmals zusammen, so erhalte ich folgendes Resultat: Im Kambiumring, sowie in der sich zum Holze differenzierenden Gewebezone ist ein „Gleiten" zweier Lamellen derselben Wand, ob radial oder tangential, nicht zu beobachten, sofern ein Spalten der Lamellen daselbst nicht stattfindet. Hieraus folgt also, dass Krabbe in seiner Arbeit zum mindesten das Vorkommen des Gleitens im Holzkörper zu weit ausgedehnt hat.

Aber auch für den typischen, von Krabbe in Fig. 41 u. f. dargestellten Fall scheinen mir die gemachten Beobachtungen nicht ohne Bedeutung zu sein. Es muss doch höchst auffallend erscheinen, dass eine zu einem Gefäss gehörige Lamelle sich in zwei Fällen entgegengesetzt verhalten soll. Nach Krabbe sollte z. B. in Fig. 41 der Teil a r gleichmässig wachsen, demzufolge auch auf der ganzen nicht wachsenden Nachbarlamelle gleiten. Nach den von mir gemachten Beobachtungen (vergl. Fig. 8) würde dagegen, falls jenes Stück der Gefässmembran wirklich ein Wachstum zeigte, die Nachbarlamelle mitwachsen müssen. Der in diesem entgegengesetzten Verhalten liegende Widerspruch könnte vielleicht dadurch gelöst werden, dass man ein lokalisierteres Wachstum der Gefässlamelle annimmt, welches also auf eine schmale Zone zu beiden Seiten der Kante begrenzt wäre.[1] Auch bei den Libriformzellen hätte man dann ein Wachstum anzunehmen, wie es sich in analoger Weise bei den Wurzelhaaren abspielt. An diesen Punkten wird allerdings ein Gleiten nicht wohl zu beseitigen sein, doch würde dasselbe, da man hier ein besonderes Verhalten der Lamelle so wie so annehmen muss, nicht weiter auffallen.

Vorstehende Untersuchung wurde während des Jahres 1896 und Anfang 1897 in dem botanischen Institut der Universität Berlin ausgeführt. Meinem hochverehrten Lehrer, dem Herrn Geh. Regierungsrat Prof. Schwendener, für die vielfache wissenschaftliche Förderung, welche ich von ihm erfahren habe, meinen verbindlichsten Dank aussprechen zu dürfen, ist mir eine angenehme Pflicht.

[1] Krabbe selbst giebt übrigens die Möglichkeit eines solchen Wachstums zu; vergl. l. c., p. 18.

Figurenerklärung.

Fig. 1. Radialer Längsschnitt durch das Holz von Sambucus nigra mit 25 zelligem Kurzstab. Vergr. 365.
„ 2. Querschnitt durch einen jungen Zweig von Aesculus Hippocastanum mit 2 Doppelreihen. Vergr. 365.
„ 3. Siehe pag. 16.
„ 4. Querschnitt durch das thätige Kambium von Populus spec. Vergr. ca. 365.
„ 5. Querschnitt durch ein junges Gefäss von Populus spec. Vergr. ca. 400.
„ 6. Siehe pag. 26. Der schraffierte Teil bedeutet vorjähriges Holz.
„ 7. „ „ 39. „ „ „ „ „ „
„ 8. Querschnitt durch ein junges Gefäss von Sambucus nigra. Vergr. 600.
„ 9. Siehe pag. 43.
„ 10. Querschnitt durch den Holzkörper von Sambucus nigra; ein Stab durchsetzt ein Gefäss. Vergr. 600.

Fig. 1.

Fig. 4.

Fig. 6.

Fig. 10.

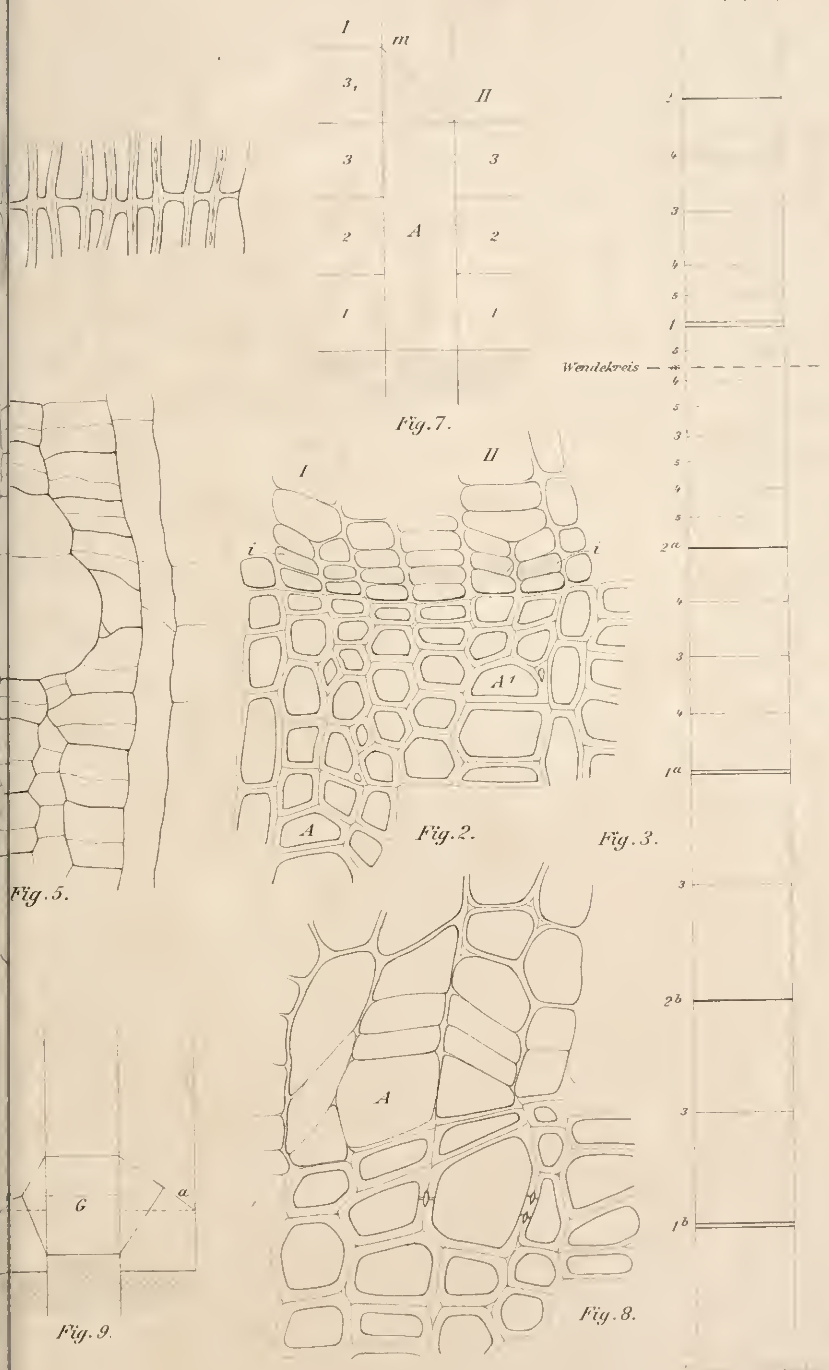


Fig. 7.

Fig. 5.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 9.

Fig. 8.

Über das Wachstum der Knospen während des Winters.

Von

Ernst Küster.

„Bei allen mehrjährigen Gewächsen hat die Wachstumsdauer eine Beziehung zu den Jahreszeiten, welche im allgemeinen sich darin ausspricht, dass während einer verschieden langen Zeit, in welcher eben jedenfalls die Wintermonate mit enthalten sind, das Wachstum still steht" (Frank). Die Beobachtung, dass unsere Holzgewächse eine winterliche „Ruheperiode" haben, dürfte wohl älter sein als alle wissenschaftliche Botanik: Aufgabe der letzteren ist es, zu prüfen, in wie weit bei der Pflanzenwelt von „Ruhen" während des Winters die Rede sein darf. Dass der innere Ruhezustand, den die äussere Kahlheit entlaubter Bäume vermuten lässt, kein absoluter, vielmehr nur ein relativer ist, dass viele Lebensfunktionen der Gewächse während der Kälteperiode ihren Fortgang nehmen, auch wenn sie sich äusserlich nicht manifestiren, wird besonders durch Mohls Untersuchungen illustrirt, durch welche ein messbares Wachstum vieler Baumwurzeln während der kalten Monate nachgewiesen wurde. Mohl zeigte, dass z. B. die Wurzeln der Eiche den ganzen Winter hindurch wachsen und erst im Februar eine verspätete Winterruhe antreten, die Eschenwurzeln zeigen sogar im März noch Wachstum, die des Apfel- und Kirschbaums bis zum April. Diese Beobachtungen lehren zur Genüge, dass die „Winterruhe" der Bäume nicht im absoluten Sinne des Wortes verstanden werden darf.

Hiernach liegt die Frage nahe, ob ähnliche Veränderungen nicht auch an den Vegetationspunkten des Sprosssystems sich nachweisen liessen, ob nicht vielleicht auch innerhalb der Knospen ein messbares Wachstum als Zeugnis für die unerloschene Lebensthätigkeit anzunehmen wäre. Die mir bekannten Lehrbücher der

Botanik geben über diesen Punkt keinen Aufschluss; ich habe daher versucht, durch vergleichende Messungen ein etwaiges Wachstum innerhalb der Winterknospen festzustellen.

Dieselbe Frage ist übrigens schon vor einer Reihe von Jahren von einem russischen Forscher, N. Geleznoff,[1] eingehend behandelt worden. Die von ihm mitgeteilten Tabellen, die nach Erfahrungen aus dem Winter 1847—48 zusammengestellt sind, scheinen auf intensive Wachstumsveränderungen hinzudeuten. Ausser der Vergrösserung der vorhandenen Teile beobachtete Geleznoff bei Larix und Ulmus auch Anlage neuer Organe. — Der Winter, in dem die Untersuchungen vorgenommen wurden, war für Moskauer Verhältnisse ungewöhnlich mild und kurz. Geleznoff konstatirt nur 65 auf einander folgende Frosttage und giebt als Mitteltemperaturen für Februar 12° Kälte an und selbst für März noch — 1,31°.

Was an den erwähnten Tabellen des Verfassers als befremdlich erscheinen muss, sind die Widersprüche bei den Zifferangaben, durch welche das Wachstum der angelegten Knospenorgane dargethan werden soll. Für hundert frische Blattknospen berechnete Geleznoff

am	7. Januar	ein	Gewicht	von	1,1936 g	
„	25. „	„	„	„	1,0498 g	
„	8. Februar	„	„	„	1,2786 g	u. s. w.

Demnach müssten also die Knospen zunächst an Gewicht verloren haben, um im Februar wieder schwerer zu werden. —

Die folgenden Zahlen zeigen dauernde Steigung. Geleznoff geht über diesen Punkt flüchtig hinweg: „Malgré quelques anomalies on ne saurait douter de l'avancement des bourgeons à feuilles." Ähnliche „Anomalien", wie sie sich bei den Messungen der Blütenknospen ergaben, werden nicht so kurz abgethan. Bei Ulmus effusa wurden für hundert Knospen folgende Längen berechnet

am	25. Januar . . .	216,9	engl. Lin.
„	8. Februar . . .	221,6	„ „
„	22. „ . . .	239,6	„ „
„	7. März . . .	244,8	„ „

[1] „Observations sur le développement des bourgeons pendant l'hiver." Bulletin de la Société impér. des Naturalistes de Moscou 1851.

am 21. März . . . 239,3 engl. Lin.
„ 8. April . . . 221,6 „ „

Nach Annahme des Verfassers wird diese Verkürzung hervorgerufen durch gleichzeitige Breitenzunahme, die das allmähliche Entfalten der Knospenschuppen mit sich bringt. Er sagt von den letzteren: „elles étaient prêtes à s'ouvrir pour faire jour aux jeunes feuilles". Bei der niedrigen Temperatur, die für März angegeben wird, ist eine derartige vorzeitige Entfaltung wenig wahrscheinlich. Unerklärlich bleibt für alle Fälle, warum auch das Wachstum des Ovulums oder der Mutterzellen des Pollens einer rückläufigen Entwickelung ausgesetzt sein sollte, wie es aus Geleznoffs Tabellen für diese Organe zu folgern wäre.

Wie aus dem Gesagten erhellt, nötigen die Angaben Geleznoffs zu grosser Skepsis. Es bleibt kaum ein anderer Ausweg, als die zahlreichen Fälle von Verkürzung „wachsender" Organe durch ungleich gewähltes Knospenmaterial zu erklären. Ein solches vorausgesetzt werden wir aber auch den andern Mitteilungen gegenüber misstrauisch sein müssen, welche einen thatsächlichen Zuwachs erweisen sollen.

Ungleich zuverlässiger und kritischer sind die Angaben über das Wachstum der Knospen, die Askenasy in seiner Arbeit „Über die jährliche Periode der Knospen"[1] macht. Askenasy untersuchte vorzugsweise die Blütenknospen von Prunus avium, um ihre Entwickelung während eines vollen Jahres kennen zu lernen. Durch Wägen der Knospen und durch Messen ihrer einzelnen Teile gelang es ihm, die jährliche Periode ihres Wachstums festzustellen. Auf seine Resultate wie auf seine Vermutungen werden wir bestätigend zurückzukommen haben.

Die Wiederaufnahme der Frage nach dem Wachstum der Knospen während des Winters wird angesichts des geringen vorliegenden Thatsachenmaterials wohl nicht überflüssig scheinen. Vielleicht gelingt es mir, einen Beitrag für dieses Kapitel der Pflanzenphysiologie zu liefern. Herrn Geh. Rat Schwendener, auf dessen Veranlassung ich die Arbeit in Angriff nahm, und in dessen Laboratorium ich mich ihr widmete, sage ich für seine Anregung und Unterstützung hierdurch meinen ergebensten Dank.

---

[1] Bot. Ztg. 1877, p. 793.

Das Resultat, zu dem mich meine Untersuchungen führten, darf ich bereits jetzt vorausschicken: Das Wachstum der Knospenorgane nimmt in der That während des Winters seinen Fortgang, ebenso wie an den Wurzelspitzen, von welchen vorhin die Rede war.

Bevor ich auf die Wachstumserscheinungen während des Winters näher eingehe, will ich noch einige meteorologische Notizen vorausschicken. Der vergangene Winter — die Untersuchung der Knospen beschäftigte mich von November 1897 bis Februar 1898 — war für Norddeutschland ein ausserordentlich milder. Frosttage gehörten zu den Seltenheiten und konnten nur für Anfang November verzeichnet werden; andrerseits zeigte das Thermometer während der Mittagstunden häufig bis zu 10° über Null, besonders im Januar und Februar. Niederschläge waren in allen Monaten häufig und oft auch reichlich. Schnee brachten die ersten Wochen des Februar wiederholt, ohne dass es jemals zur Bildung einer dauerhaften Schneedecke gekommen wäre. Alle diese Umstände sind geeignet, das Wachstum zu fördern und, wie mir scheint, Untersuchungen wie die vorliegende zu erleichtern. Das Wachstum der Knospenteile, das ich zu besprechen haben werde, wäre in anderen, schnee- und frostreicheren Jahren vielleicht nicht so deutlich nachweisbar gewesen, wie in dem vergangenen. Andrerseits glaube ich nicht, dass diejenigen Organe, bei welchen Wachstum sich nachweisen liess, in normalen, kälteren Jahren ein solches gänzlich vermissen lassen. Offenbar ist das Wachstum wie jede andere Lebensthätigkeit nicht ausschliesslich von äusseren, messbaren Faktoren, sondern auch von unbekannten, „inneren" Ursachen abhängig, die sich unserer Beurteilung entziehen.[1] Das Wachstum der Wurzeln z. B., das bis in die Zeit der Frühlingsniederschläge reicht, nötigt zur theoretischen Supponirung „innerer" Kräfte und mehr noch das Verhalten nordeuropäischer Bäume wie Eiche, Buche, Ulme, Esche, Linde u. s. w., die selbst an der Riviera sich in ihren dem Norden entsprechenden „Gewohnheiten" der Winterruhe nicht stören lassen.[2]

Einen höchst willkommenen Beitrag zur Beurteilung der Frage nach der Beeinflussung des Winterwachstums durch ungewöhnlich

---

[1] Vergl. Askenasy, a. a O., p. 825.

[2] Grisebach, Vegetation der Erde, Bd. I, p. 274.

mildes Wetter liefert die Arbeit Askenasy's, der drei Jahre hindurch die Blütenknospen von Prunus avium untersuchte. Wie aus seinen Tabellen hervorgeht, konstatirte er auch im Winter ein geringes Wachstum, über dessen Beziehungen zur Witterung er hervorhebt (a. a. O., p. 819): „Sehr wichtig ist die Thatsache, dass grössere Wärme im Winter auf das Wachstum der Kirschenknospen nur einen ganz geringen Einfluss ausübt.“

Die Unterschiede gegen das Verhalten in normalen Jahren, die eine ungewöhnlich hohe Wintertemperatur hervorrufen kann, sind nur graduelle, die uns bei unseren prinzipiellen Fragen nicht interessiren.

Auch während des Winters erlischt also die Wachstumsthätigkeit der Knospen nicht. Die Erscheinungsweisen, in welchen sie zum Ausdruck kommt, werden wir in der Antwort auf diese beiden Fragen zusammenfassen können: Strecken und vergrössern sich die vorhandenen Achsenteile und Blattorgane? — und weiterhin: Werden neue Blattorgane an der vorhandenen Achse angelegt?

1.

Strecken und vergrössern sich die vorhandenen Achsenteile und Blattorgane?

Die Schwierigkeiten, welche die Beantwortung dieser Frage bietet, sind vor allem im Material begründet, indem nur die wenigsten Baumknospen Anhaltspunkte zur Beurteilung ihres Wachstums finden lassen. Am geeignetsten erwiesen sich die Blattknospen von Acer platanoides, deren Morphologie und Anatomie zunächst kurz geschildert werden sollen.

Ein medianer Längsschnitt durch eine Terminalknospe von Acer platanoides zeigt schon im Anfang des Winters mehrere wohl entwickelte gegenständige Blätter mit dickem, glockenförmigem Stiele und grosser, bereits tief gelappter Spreite. Der Vegetationskegel, der sie trägt, ist von geringer Höhe, sein Winkel an der Spitze beträgt wenig mehr als einen rechten. Nach unten grenzt sein frischgrünes Gewebe unvermittelt an eine blassgrüne Markschicht, die Gris[1] als die „moelle subgemmaire“ bezeichnet hat.

[1] Sur la moelle des plantes ligneuses. Annales des sc. nat. Série V, Bd. XIV, p. 54–57.

In der Höhe dieses „Markmittelstücks“ — wie wir den französischen Terminus verdeutschen wollen — sind die zahlreichen Knospenschuppen inserirt, und unter ihm folgt im Innern das verholzte Mark des vorjährigen Triebes, das sich konvex nach oben vorwölbt und gegen die jüngeren, unverholzten Zellschichten des Markmittelstücks durch mehrere Lagen dickwandiger Zellen abgegrenzt ist.

Das Markmittelstück ist für die Beurteilung des Wachstums der Knospenteile im Winter nicht ohne Bedeutung. Es besteht aus dünnwandigen, regellos geschichteten Zellen, deren Membranen auch am Ende des Winters noch unverholzt sind. Im Gegensatz zu ihnen sind die tiefer liegenden Markzellen in regelmässigen, parallelen Längsreihen angeordnet, die dem schnellen Längenwachstum während der vergangenen Vegetationsperiode entsprechen.

Da auch noch nach Jahren das Markmittelstück sich erkennen lässt, können wir leicht konstatiren, dass ihm kein nennenswertes Längenwachstum zukommt. Abgesehen von der Anordnung der Zellen lassen sich auch durch andere Merkmale schon makroskopisch die Grenzen des Markmittelstücks erkennen. Die Abgrenzung nach unten besorgen die schon erwähnten Schichten dickwandiger Zellen, nach oben wird die Grenze durch eine nach innen vorspringende, aus ähnlichen dickwandigen Zellen gebildete, ringförmige Leiste markirt.

Das Markmittelstück hat bereits im Anfang des Winters seine volle Länge annähernd erreicht. Ein Dickenwachstum während des Winters lässt sich aber leicht nachweisen. Figur 1 zeigt einen medianen Längsschnitt durch eine Terminallaubknospe, die Anfang November untersucht wurde. Das Markmittelstück, dessen obersten Teil die Abbildung noch zeigt, kann mit einem Kegelstumpf verglichen werden, der oben und unten von Kugelflächen begrenzt wird, deren Konkavitäten in beiden Fällen nach aussengerichtet sind. Bei der in Figur 1 dargestellten jugendlichen Knospe misst die obere Grenzfläche des Markmittelstücks etwa $^{1}/_{2}$ mm; bei der in Figur 2 abgebildeten, die aus den ersten Tagen des Februar stammt, ist derselbe Teil etwa um die Hälfte breiter. Die Schlussfolgerung, dass das Markmittelstück bei Acer platanoides ein lebhaftes Dickenwachstum während des Winters zeigt, ist durchaus berechtigt. — Übrigens findet das Dickenwachstum, an dem sich die obersten Regionen am lebhaftesten

beteiligen, erst in den folgenden Monaten ihren Abschluss, wobei die ursprüngliche Form des Kegelstumpfes schliesslich zu einer annähernd cylindrischen ausgeglichen wird.

Auf dem Markmittelstück erhebt sich der tiefgrüne Vegetationskegel, der die Blätter des nächstjährigen Sprosses trägt. Der grösste Teil seiner Masse ist dazu bestimmt, das Mark des zukünftigen Triebes zu liefern. Seinen plasma- und chlorophyllreichen Zellen steht für den kommenden Frühling ein intensives Wachstum bevor, das zu den oben erwähnten parallelen Markzellreihen führen soll. Während des Winters hält sein Wachstum gleichen

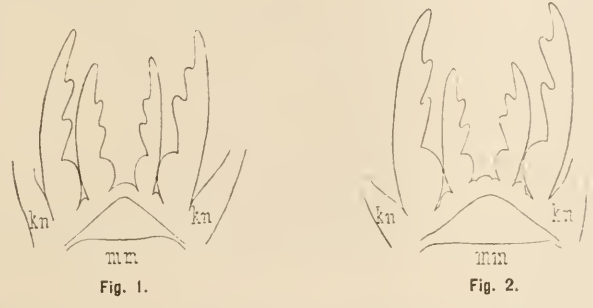


Fig. 1. Medianer Längsschnitt durch eine Terminallaubknospe von Acer platanoides, Anfang November. — Fig. 2. Dass. Anfang Februar: mm Markmittelstück, kn Knospenschuppen. 25 fache Vergrösserung.

Schritt mit dem des Markmittelstücks. Seine Vergrösserung lehrt ein Vergleich von Figur 1 und Figur 2. Seine Gewebe wachsen jedoch nach allen Richtungen gleichmässig, der Winkel des Kegels bleibt annähernd derselbe.

Dass auch die Blätter sich während des Winters vergrössern, geht aus den Abbildungen hervor.

Die Ahornknospen waren die günstigsten Objekte, die mir bei meinen Untersuchungen zur Verfügung standen. Bei anderen, wie Alnus und Populus, liess sich zwar während des Winters ein geringer Längenzuwachs durch makroskopische Messungen nachweisen, ohne dass der mikroskopische Befund näheren Aufschluss gebracht hätte.

Als Vertreter der einheimischen Nadelhölzer untersuchte ich Pinus silvestris während der Wintermonate in regelmässigen Zeit-

abständen. Bereits im November sind die Teile des nächstjährigen Triebes ausserordentlich weit entwickelt. An jedem Kurztrieb unterscheidet man schon deutlich zwei umfangreiche, vorgewölbte Höcker, zwischen welchen der Vegetationspunkt des Kurztriebes als schmaler, spitzer Kegel sichtbar ist. Auf diesem Standpunkt bleiben die jungen Organe während des ganzen Winters. Die im Februar untersuchten Knospen zeigten keine nennenswerten Unterschiede gegen die im November gesammelten. Die geringe Längenzunahme, die auch hier beim makroskopischen Messen sich ergab, lässt auf eine unbedeutende Streckung der Achsenteile schliessen.

Nach den mitgeteilten Beobachtungen scheint es mir zweifellos, dass die von Askenasy[1] ausgesprochene Vermutung richtig ist, dass in der That „im Winter kein absoluter Stillstand des Wachstums besteht, dass vielmehr, wenigstens in unseren Gegenden, eine wenn auch nur höchst geringfügige Weiterentwickelung der Knospen in dieser Zeit stattfindet“ . . . So ist die Ruheperiode von der Frühjahrsperiode nicht absolut scharf geschieden und der Anfang der letzteren lässt sich ebensowenig wie der Anfang der Ruhezeit mit voller Schärfe angeben.

Die Gültigkeit des Satzes, den Askenasy mit Bezug auf die Blütenknospen von Prunus avium aussprach, wird auch für die Blattknospen anderer Holzgewächse, wie Acer, Alnus, Populus, Pinus u. s. w. bestehen bleiben. Ob freilich die Fortdauer der Wachstumsthätigkeit für sämtliche Holzgewächse Gesetz ist, oder ob es Ausnahmen von der Regel giebt, ist eine andere Frage, auf die ich nur hinweisen kann. Die Vermutung scheint mir nahe zu liegen, dass diejenigen Knospen, bei deren Aufbau das Prinzip des möglichst geringen Volumens in seinen äussersten Konsequenzen verwirklicht wird, und wo die Knospe in der Rinde des Astes, der sie trägt, verschwindet, während des Winters keine Volumenzunahme erfahren.

Es scheint mir hier am Platze, auf das meteorologische Resumé zurückzukommen, das ich meinen Mitteilungen voranschickte. Der Winter, in dem ich mich mit dem Studium der Baumknospen befasste, war mild; Frostperioden fehlten. Dass das Wachstum

---

[1] a. a. O., p. 818.

der Knospen bei Frostwetter still steht, scheint mir ausser Frage. Geleznoff hat zwar auch während der zwei Monate umfassenden Frostperiode lebhaftes Wachstum nachweisen wollen und hat auf die Wirkung der Insolation hingewiesen, durch welche nach ihm innerhalb der Knospen hinreichend hohe Temperaturen erzeugt werden sollen. Seine Vermutungen sind bereits von Askenasy widerlegt worden. Dass sich die Knospen hinsichtlich des Wachstums anders verhalten als die üblichen Versuchsobjekte der Experimentalphysiologen, nach deren Beobachtungen bei 0° alle Wachstumserscheinungen sistirt werden, ist auf alle Fälle mindestens unwahrscheinlich. Fragen der Art, ob das Wachstum nach den Frostperioden sich wieder zu regen beginnt, sobald das Thermometer über 0° zeigt, oder ob sich zunächst eine Lähmung geltend macht u. s. w., müssen offen bleiben. Ihre Beantwortung wird zunächst an der Unzulänglichkeit unserer Methoden scheitern müssen. Die Schwierigkeiten, die aus der Notwendigkeit entstehen, verschiedene und vielleicht ungleichartige Knospen mit einander zu vergleichen, lassen sich bei den üblichen Arbeitsmethoden niemals ganz umgehen. So lange man von dem Aufbau später untersuchter Knospen Rückschlüsse auf die quantitativen Wachstumsfortschritte machen muss, die den früher geopferten Exemplaren bevorgestanden hätte, wenn sie am Baum verblieben wären, werden alle Resultate, selbst bei grösster Sorgfalt, nur Wahrscheinlichkeitsresultate sein können. Wachstumsfragen, wie ich sie oben andeutete, werden unbeantwortet bleiben müssen, so lange man nicht gelernt hat, an den nämlichen Knospenindividuen die Wachstumsvorgänge zu verfolgen, so lange nicht die Technik der Röntgenstrahlen in der Botanik Eingang gefunden hat. Die unbestrittenen Erfolge der neuen Technik lehren uns, in wie weit die Nuancirung in der Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen messbar und verwendbar ist. Dass dasselbe technische Hilfsmittel auch für die Botanik fruchtbar gemacht und z. B. bei Fragen wie den obigen leicht erprobt werden kann, ist meine feste Überzeugung.

2.

Werden neue Blätter an der vorhandenen Achse angelegt?

Diese Frage ist bei Koniferen- wie bei Laubbaumknospen im allgemeinen leicht zu beantworten.

An Koniferensprossspitzen — z. B. von Abies — ergiebt die Zählung der angelegten Blätter bereits im November ungefähr eben so viel, wie die Zahl der Nadeln eines entwickelten Jahrestriebes beträgt. Um Gleiches mit Gleichem vergleichen zu können, wählte ich bei meinen Zählungen stets die letzten beiden Jahrestriebe unter den Knospen. — Dasselbe Resultat fand ich bei den Kurztrieben von Pinus. Eine Volumenabnahme der angelegten Kurztriebe nach oben zu findet nicht statt. Die obersten, dem Vegetationspunkt nächst gelegenen stehen an Grösse den untersten, ältesten Kurztrieben kaum nach. Es ergiebt sich, dass die Zahl der Nadeln und Kurztriebe, welche einem Jahrestriebe angehören, bereits im Herbst vollzählig vorhanden sind. Weder im Winter, noch im Frühjahr treten neu angelegte Blätter hinzu. Bei der grossen Zahl der Nadeln, welche einem Jahrestrieb angehören, können diese Angaben im allgemeinen allerdings nur den Wert von „Wahrscheinlichkeitsresultaten“ beanspruchen. Für Pinus jedoch scheint mir die Richtigkeit des aufgestellten Satzes unanfechtbar, da im anderen Falle schon Ende Herbst oder im Winter an dem Vegetationspunkt des jugendlichen Sprosses kleinere oder unvollkommenere Kurztriebanlagen sichtbar werden müssten.

Zu demselben Resultat kam ich hinsichtlich der Laubbäume. Es ist bei diesen insofern noch leichter zu gewinnen und noch sicherer, als die Zahl der in einer Vegetationsperiode entfalteten Blätter bei weitem geringer ist als bei Koniferen. Überdies unterliegt sie meist nur geringfügigen Schwankungen. Bei Alnus cordifolia zählte ich — bei dem Exemplar, dessen Knospen ich untersuchte — etwa 12, an den Langtrieben von Populus 16—20 Blätter, bei Fraxinus 7—9 Blattpaare. Ebenso viel Blattanlagen enthielten bereits im November die Knospen der betreffenden Bäume. Veränderungen am Sprossgipfel habe ich während des Winters nirgends konstatiren können. Das günstigste Objekt ist auch hier wiederum

Acer platanoides, dessen Knospen regelmässig drei Blattpaare zur Entfaltung bringen. Sie alle fand ich im November schon in beträchtlicher Grösse vor.

Ähnliche Beobachtungen hat Askenasy[1] bei dem von ihm untersuchten Kirschbaum gemacht. Von den Blattknospen sagt er: „Querschnitte derselben, die im Sommer, Mitte August, gefertigt werden, zeigen nach aussen die vollständig vorhandenen Knospenschuppen und nach innen bereits einige Laubblätter. Die Zahl der letzteren nimmt dann zu, und ich zweifle nicht, dass sie vor Eintritt des Winters in der vollständigen Zahl vorhanden sind und die vegetativen Knospen während des Winters dieselbe Ruheperiode durchmachen, wie die Blütenknospen.“

Nach dem Gesagten liegt die Vermutung nahe, dass die Anlage sämtlicher Blätter einer Vegetationsperiode in der vorangehenden für alle Bäume Gesetz sei. Eine solche Regel wird meines Erachtens auf diejenigen Bäume zu beschränken sein, welche durch Ausbildung echter Winterknospen sich kennzeichnen. Von denjenigen, welche eine solche fehlt, untersuchte ich Sambucus. In den Knospen, welche das Sprosssystem im Laufe des kommenden Jahres zu bereichern bestimmt sind — also in den Achselknospen — fand ich niemals die Blätter in solcher Zahl vorhanden, wie sie im Laufe einer Vegetationsperiode sich zu entfalten pflegen. Dass an Hollundersprossen die Entwicklung von 20—25 Blattpaaren innerhalb eines Sommers nichts ungewöhnliches ist, dass andrerseits an demselben Exemplar reichblättrige Triebe neben blattarmen zu beobachten sind, ist bekannt. Die Zahl der Blätter schwankt bei Sambucus zwischen weiten Grenzen.

Bei Sambucus und ähnlich gearteten Gewächsen werden wir daher mit Recht annehmen dürfen, dass während der Entfaltung des Sprosses im Frühling und Sommer zu den bereits im Vorjahre angelegten Blättern noch weitere neue Anlagen hinzutreten.

Die Antwort auf unsere oben gestellte Frage wird demnach dahin lauten müssen, dass am Sprossscheitel während des Winters keine Neubildung von Organen sich geltend macht.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Achselknospen. Schon

[1] a. a. O., p. 822.

im Herbst findet man die zukünftigen Achselsprosse als deutliche Knospen angelegt. Bei der Esche, bei welcher auch die Knospenschuppen mit Axillarknospen ausgestattet sind, fand ich schon im November umfangreiche, mit mehreren wohlentwickelten Blattpaaren versehene Seitenknospen unter dem äussersten Schuppenpaar. Bei andern Bäumen — wie bei Acer — sind sie auch im Februar noch klein und wenig hervortretend.

Diese Achselknospen interessiren uns bei der vorliegenden Frage deswegen besonders, weil sie während des milden Winters, in dem ich sie untersuchte, Vergrösserung und Neuanlage von Blättern erkennen liessen. Acer platanoides, das günstigste Objekt für unsere Fragen, lässt uns hier im Stich, insofern als seine Achselknospen, die innerhalb des äussersten Blattpaares schon Ende Herbst sichtbar sind, keine Differenzirung in Blatt und Achse zeigen. Ein Wachstum der flachen Meristemhügel ist indes unverkennbar. Im Februar zeigen auch die innersten, jüngsten Blattpaare deutliche Axillarknospen.

Alnus cordifolia eignet sich besser zur Untersuchung der Seitenknospen. Die im November untersuchten Laubknospen zeigten nur kleine, halbkugelige Buckel in einigen Blattachseln; die Exemplare, die ich im Januar auf etwaige Wachstumsveränderungen prüfte, zeigten bereits durchgehends mehrere Blattanlagen an den Achselknospen.

Aus diesem Befunde auf einen prinzipiellen Unterschied im Verhalten der Haupt- und Seitensprosse zu schliessen, wäre voreilig. Wenn die Achselknospen, die in Entfaltung und Wachstum ihrer Sprosse den Haupttrieben stets den Vortritt lassen, ihre Blätter zu einer Zeit anzulegen beginnen, in der die des Hauptsprosses schon für eine volle Vegetationsperiode vorhanden sind, so liegt darin an sich nichts auffallendes. Gerade der Umstand aber, dass eine Neuanlage von Blättern am Hauptgipfel des jungen Sprosses bei der oben erwähnten Mehrzahl der Fälle während des Winters nicht stattfindet, giebt mir zu der Vermutung Anlass, dass die Bildung junger Blätter im vorliegenden Fall eine durchaus nebensächliche Erscheinung ohne prinzipielle Bedeutung ist, lediglich das Produkt der klimatischen Gunst milder Winter.

So weit die geringe Zahl der untersuchten Bäume allgemeine Schlüsse aus den gesammelten Beobachtungen zu ziehen gestatten, möchte ich mein Urteil über die oben behandelten Fragen dahin zusammfassen, dass Streckung und Vergrösserung der im Sommer und Herbst angelegten Achsen- und Blattteile während des Winters bei Nadel- und Laubbäumen sich geltend macht, wenn auch nur in geringem Grade.

Eine Anlage neuer Blätter findet im allgemeinen nicht statt, auch dann nicht, wenn — wie bei Sambucus — im Laufe einer Vegetatiosperiode mehr Blätter entfaltet werden, als in der vorangehenden angelegt würden. Immerhin lehrt das Verhalten der Seitensprosse, dass die Anlage neuer Blätter während des Winters nicht zu den prinzipiellen Unmöglichkeiten gerechnet werden darf.

Berlin, Botanisches Institut der Universität, März 1898.

